
MBL/WHOI
0 0301 0014276 6







Pflanzenphysiologie

Versuche und Beobachtungen an höheren und niederen Pflanzen

einschließlich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde.



Von

R. Kolkwitz

Mit 12 farbigen und schwarzen Tafeln und 116 Textfiguren



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1914

Vorwort.

Die vorliegende Veröffentlichung hat sich aus meinen „Pflanzenphysiologischen Versuchen zu Übungen im Winter“ 1899(1) entwickelt. Diese Übungen bezweckten seinerzeit, die Studierenden an der Berliner Universität und Landwirtschaftlichen Hochschule durch selbständige Kursusübungen, nicht durch bloße Demonstrationen, in die physiologische Botanik einzuführen. Der Stoff hatte speziell die Ernährungsphysiologie zum Gegenstand.

Die Versuche fangen mit der Verarbeitung der Kohlensäure, ihrer Synthese zu organischen Verbindungen, an, zeigen die Bedeutung der aufgebauten Produkte im Pflanzenkörper, besonders ihren Wert als kapitalisierbare Nahrungsstoffe, und behandeln dann wiederum den Abbau bis zur Kohlensäure. Diese Reihenfolge entspricht in der Hauptsache auch dem von Emil Fischer (1) innegehaltenen Gedankengang in der Darstellung der Entwicklung moderner chemischer Probleme auf genanntem Gebiet.

Bei der Auswahl der Versuche wurde besonderer Wert darauf gelegt, aus der großen Fülle des zur Verfügung stehenden Materials dasjenige herauszufinden, dessen Durcharbeitung im Vergleich zur aufgewendeten Zeit die beste Belehrung bot und dabei doch den als Richtschnur gewählten Zusammenhang wahrte. Außerdem sollten die Versuche den Experimentator fortwährend beschäftigen und ihm das Resultat nach Möglichkeit sogleich oder in kürzester Zeit vor Augen führen.

Alle diese Gesichtspunkte sind auch in der vorliegenden erweiterten Bearbeitung meiner früheren Veröffentlichung geltend geblieben. Auch die Auswahl des Stoffes hat sich nach mehr als 25maligem Durcharbeiten des Kursusmaterials während einer Zeit von 14 Jahren dauernd bewährt.

Der Hauptanteil dieser Kurse entfiel auf Übungen, welche ich mit Oberlehrern und Kandidaten des höheren Lehramtes, also Herren, welche das akademische Studium bereits absolviert hatten, in amtlichem Auftrage ausführte, doch wurden sie, wie eingangs hervorgehoben, auch für Studierende und mit Auswahl außerdem auch für Praktikanten am Institut für Zuckerindustrie abgehalten.

Der Begründer dieser praktischen Oberlehrerkurse, Provinzialschulrat Geheimrat Dr. O. Vogel, den uns der Tod leider vor kurzem entrissen

hat, wollte den biologischen Unterricht in den höheren Klassen heben und gleichzeitig besonders denjenigen Herren, welche während ihrer akademischen Studien ihre Hauptkraft der Mathematik und Physik gewidmet hatten, Gelegenheit geben, sich nach Abschluß ihrer auf die Hauptfächer gerichteten Studien durch eigene Versuche auch in den „beschreibenden“ Naturwissenschaften weiter zu bilden, was zur Begründung einer besonderen staatlichen Fortbildungsanstalt in Berlin führte, in der außer Botanik auch Zoologie, Chemie, Physik und praktische Arbeiten in einer mechanischen Werkstätte getrieben werden. Die physiologischen Übungen sind auf den Winter gelegt, um im Sommer, gleichsam in Ergänzung des Winterpraktikums, für wöchentliche floristische Ausflüge — mit meist denselben Teilnehmern wie im Winter — Zeit zu haben.

Da in den Räumen dieses Institutes seit Jahren im Oktober auch Kurse für Oberlehrer aus allen Teilen Preußens stattfanden, so hatte ich die beste Gelegenheit, meine Versuche mit erprobten Lehrkräften durchzuarbeiten und ausgedehnte Erfahrungen zu sammeln.

Bei diesen Studien wurden auch die niederen Pflanzen von Anfang an berücksichtigt, doch waren die Planktonorganismen und die Hydrobiologie dabei zunächst nur schwach vertreten.

Meine Tätigkeit als wissenschaftliches Mitglied der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene in Dahlem gab mir reiche Gelegenheit, das Gebiet der Hydrobiologie zu pflegen, wodurch es sich von selbst ergab, die Wasserorganismen mehr und mehr in meine Übungen mit einzubeziehen. Auch durch enge Fühlung mit dem Fischereiverein für die Provinz Brandenburg hatte ich gute Gelegenheit, mich über einige größere Aufgaben in der Hydrobiologie zu orientieren.

Ich konnte mich zur Zeit nicht entschließen, vielfachen Anregungen zu entsprechen und eine Veröffentlichung über Planktologie und allgemeine Hydrobiologie herauszugeben, weil dieses Gebiet dadurch gegenwärtig zu sehr als Spezialwissenschaft hervorgetreten wäre, was es eigentlich in den Hauptzügen gar nicht ist. Ich benutze deshalb die erweiterte Veröffentlichung meiner früheren pflanzenphysiologischen Versuche, um dieses anregende und an wissenschaftlichen Aufgaben reiche Gebiet in die allgemeine Physiologie, wenn auch nur in engem Rahmen, so doch in einem neuen Gewand, mit einzubeziehen und mit den früher veröffentlichten Versuchen zu verschmelzen. Die Darstellung bezweckt indessen nur, ein bestimmtes allgemeines, nicht spezielles Wissen zu übermitteln und dabei nach Möglichkeit Können auszulösen.

Das Gebiet der hier behandelten Hydrobiologie ist außer in den eben besprochenen Kursen jahrelang durchgearbeitet worden durch Untersuchungen an den verschiedensten Gewässern Deutschlands, durch Vorlesungen, Demonstrationen und Übungen vor Baubeamten, Chemikern, Medizinalbeamten, Studierenden u. a. m. Überall in diesen verschiedenen Kreisen begegnete mir ein tiefes und lebhaftes Interesse für

physiologische und verwandte Fragen. „Wir wollen wissen", hieß es oft, „was die Pflanze kann, und nicht bloß, wie sie heißt." Damit soll aber der Blick nicht von der Bedeutung der namengebenden Systematik abgelenkt werden, im Gegenteil habe ich diese bei den Kryptogamen ganz besonders in den Vordergrund gedrängt, weil sich hier die Physiologie gerade dadurch besonders lehrreich gestaltet, daß man die ganze Gruppe überblickt. Es ist auch Bedacht darauf genommen worden, keine der großen systematischen Gruppen zu vernachlässigen. Fast wäre eine durch Physiologie belebte Systematik der niederen Pflanzen entstanden.

Bezüglich der Nomenklatur bin ich aus praktischen Gründen der Regel in der Zoologie gefolgt, wonach alle Gattungsnamen groß, alle Artennamen klein geschrieben werden.

Die Auswahl der zu behandelnden Objekte ist unter tunlichster Beschränkung so getroffen, daß nach Möglichkeit das geeignetste und dabei leicht zu beschaffende Objekt an der richtigen Stelle behandelt wird. Nur keine Mißerfolge beim Experiment, die im Objekt selbst liegen! Im Gegenteil, geschickt gewähltes Kursusmaterial soll bei gründlicher Untersuchung sogar neue wissenschaftliche Ergebnisse zeitigen können.

Manche etwas umständlichen und zeitraubenden Versuche sollten besser bei experimental-physiologischen Vorlesungen demonstriert als in Kursen behandelt werden.

Ein Teil der im vorliegenden Buch veröffentlichten Versuche und Beobachtungsstudien ist seit längerer oder kürzerer Zeit in der hier geschilderten Form bereits Allgemeingut beim Unterricht geworden. Das Mitgeteilte wird hoffentlich noch eine weitere Zahl von Experimenten dazu geeignet erscheinen lassen und vielleicht der großen Schar derjenigen, welche den Wunsch nach wissenschaftlicher Betätigung in freien Stunden hegen, wie er nach meinen Erfahrungen beispielsweise in der gesamten Lehrerschaft rege ist, Stoff zur Inangriffnahme einiger neuen Aufgaben bieten.

Den Herren Oberlehrer H. Bethge und Direktor Dr. O. Plümecke sage ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für die freundlichen Ratschläge, durch welche sie mich bei der Abfassung der Arbeit unterstützt, und für das lebhafte Interesse, das sie den behandelten Aufgaben entgegengebracht haben. Den gleichen Dank möchte ich dem Verleger, Herrn Dr. Fischer, hiermit abstatten.

Herrn Lithographen B. Grefrath, Zeichner an der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene, verdanke ich die mit lebhaftem Eifer erledigte Ausführung eines großen Teiles der nach der Natur und nach Vorlagen angefertigten Zeichnungen, bei denen es oft galt, nach Möglichkeit in wenigen Strichen das Charakteristische herauszuheben.

Steglitz, im November 1913. **R. Kolkwitz.**



I. TEIL.

Phanerogamen.







I. Gruppe. Das Chlorophyll und seine Funktion.

1. Versuch. Assimilation von *Elodea*. Sauerstoffnachweis mittels der Indigomethode.

Bei der Kohlenstoffassimilation scheiden die grünen Pflanzen bekanntlich bei gleichzeitiger Einwirkung des Lichtes Sauerstoff aus. Es handelt sich darum, diese Sauerstoffausscheidung nachzuweisen.

Man stelle von der unter dem Namen Indigokarmin, auch Indigotin, in den Apotheken käuflichen blauen haltbaren, im auffallenden Licht etwas rötlichen Paste*) eine wässerige, klümpchenfreie, in etwa 1 dm dicker Schicht tief himmelblaue Lösung her und fülle von dieser in eine mehrere hundert Kubikzentimeter faßende Glasflasche mit Glasstöpsel und engem Hals ab. Sehr geeignet für den Versuch sind die von L. Kny konstruierten flachen Flaschen, deren Form und Größe aus der Abbildung auf Taf. I hervorgeht, doch können auch runde Flaschen von ca. 250 ccm Inhalt verwendet werden.

Gesondert hiervon stelle man eine nicht zu konzentrierte Lösung des stark reduzierenden hydroschwefligsauren Natriums, Natriumhydrosulfit ($NaHSO_2$), her. Dieses Salz ist seit einigen Jahren als weißes trockenes, recht beständiges Pulver in den Handel gekommen (100 g = 0,65 M.). Es wird im Großen als Bleichmittel in der Färberei verwendet. Früher mußte man sich diese Substanz aus Natriumbisulfit (Natrium bisulfurosum siccum, $NaHSO_3$; 100 g = ca. 0,25 M.) unter Schütteln mit Zinkstaub selbst herstellen; vgl. R. Kolkwitz (1). Zum Abstumpfen einer etwaigen deutlich sauren Reaktion kann Zusatz von Kalkmilch empfehlenswert sein. Die trübenden Kalkmilchbestandteile werden vor dem Versuch abfiltriert.

Diese Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium benutzt man zur Reduktion der blauen Lösung von Indigokarmin (Indigoschwefelsäure). Man fügt soviele Tropfen mittels Glasstab oder Pipette unter Umrühren zu, bis die blaue Flüssigkeit entfärbt (schwach gelblich) ist, was ganz plötzlich einzutreten pflegt. Diese entfärbte Flüssigkeit kann bisweilen eine ganz schwache bläuliche Fluoreszenz zeigen.

Geschah die Entfärbung sehr vorsichtig, so wird in der Nähe der Flaschenöffnung sofort immer wieder eine Bläuung eintreten, weil der Sauerstoff der Luft in die empfindlich gestimmte Indigoweißlösung ein-

*) Nach W. Palladin (1) kann auch Nigrosin verwendet werden.

dringt und stets wieder die Indigofarbe herstellt. Verstöpselt man dagegen die bis oben gefüllte Flasche sogleich, so bleibt sie unbegrenzt lange Zeit farblos, weil kein Sauerstoff zutreten kann. Sollte aber, was öfter geschieht, dennoch wieder Bläuung eintreten, da vielleicht schwach gebundener Sauerstoff noch frei geworden ist, so muß man durch weitere Zugabe einiger Tropfen der reduzierenden Lösung die Entfärbung noch einmal vornehmen, dann aber bleibt die Flüssigkeit (das sogenannte Schützenbergersche Reagens) sicher hell. Man tut gut, nach Verschwinden der ersten Bläuung die Flasche noch offen zu lassen, um zu sehen, ob die Flüssigkeit noch Neigung zeigt, in ihrer Gesamtheit schnell wieder blau zu werden. Hat man vorher auf den Boden der Flasche ein mit einem Stückchen Bleidraht beschwertes Endstück von *Elodea* gebracht (es können auch mehrere ziemlich lange Stengel in die Flasche gegeben werden, auch *Fontinalis*, *Cladophora* u. a. m. ebenfalls verwendet werden), wobei zu beachten ist, daß keine Luftblasen hängen bleiben, so steigen, wie die Abbildung auf Taf. I zeigt, beim Belichten (auch Petroleumlicht ist ausreichend), von den grünen Pflanzenteilen blaue Schlieren in der entfärbten Flüssigkeit empor, weil Sauerstoff ausgeschieden wird. Während des Versuches soll das Gefäß, unter welches man zweckmäßig einen weißen Bogen Papier legt, nicht berührt werden. Beläßt man die Flasche dagegen im Dunkeln, so unterbleibt die Blaufärbung, da im Finstern keine Assimilation möglich ist. Der Versuch eignet sich in flachen Flaschen gut zur Projektion, besonders wenn die Indigoweißlösung sehr hell ist. Vorheriger Zusatz von etwas Selterwasser kann manchmal die Reaktion beschleunigen. Nach Verlauf von etwa einer Stunde ist der Versuch nicht mehr anschaulich, da sich dann meist die ganze Flüssigkeit gebläut hat.

Die Assimilation verläuft nach der Formel

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O = \underset{\text{Traubenzucker.}}{C_6H_{12}O_6} + 6\,O_2$$

Bei dieser Photosynthese des Zuckers tritt als Zwischenprodukt möglicherweise Formalin (CH_2O) auf, das polymerisiert wird (Hypothese von A. v. Baeyer); man könnte dann diesen Prozeß durch die Formel andeuten:

$$\underset{\text{Formalin}}{6\,CH_2O} = \underset{\text{Traubenzucker.}}{C_6H_{12}O_6}.$$

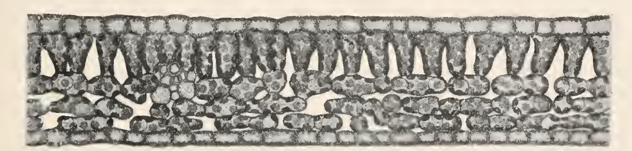
In welcher speziellen Weise die Kohlensäure in Formaldehyd umgewandelt wird, ist noch strittig. Curtius u. Franzen haben Formaldehyd in grünen Blättern nachgewiesen. Nach neueren Versuchen scheint Assimilation bei grünen Pflanzen auch dann möglich zu sein, wenn man die Kohlensäure vorsichtig durch Formaldehydgase ersetzt; Formaldehyd soll auch rein chemisch bei geeigneter Belichtung eines Gemisches von Kohlensäure und Wasserstoff herstellbar sein.

Ohne den grünen Chlorophyllfarbstoff findet in der Pflanze keine Kohlenstoffassimilation statt; eine Ausnahme bilden nur einige Bakterien,

z. B. der Nitratbildner *Bacterium nitrobacter*. Man hat deshalb dem Studium dieses Farbstoffes die größte Aufmerksamkeit zugewendet, wenngleich noch nicht sicher bekannt ist, ob er bei diesem wichtigen Prozeß eine in erster Linie tonangebende Rolle spielt oder nur als Sensibilisator wirkt [vgl. W. Pfeffer (1), Bd. I, S. 334 und 340]. Nach E. Stahl (1) kommt dem Grün als solchem eine biologische Bedeutung zu, nämlich die, das Himmelslicht am besten ausnutzen zu können.

G. A. Nadson hat eine auf Schlamm im Wasser lebende kleine Alge namens *Chlorobium limicola* beschrieben, welche merkwürdigerweise

Schattenblatt



Sonnenblatt

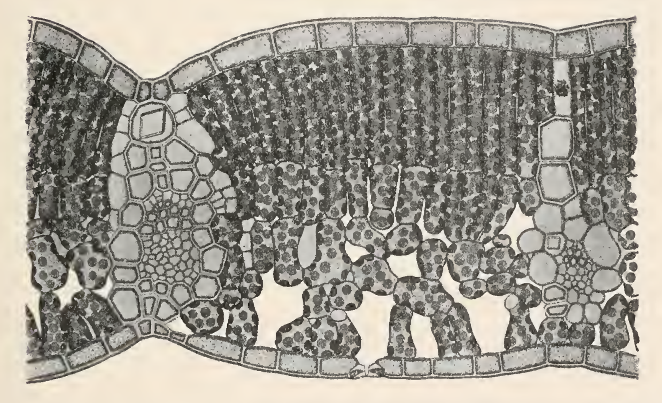


Abb. 1. Querschnitte durch das Blatt der Buche *(Fagus silvatica)*. Im Schatten entwickeln sich Palisadenzellen und Schwammgewebe viel schwächer als in der Sonne. Vergr. mittelstark. (Nach L. Kny.)

in der lebenden Zelle inaktives (d. h. nicht assimilierendes) Chlorophyll enthält, wenigstens ließ sich kein Unterschied zwischen diesem Algengrün und Blattgrün feststellen.

In der Dunkelheit nehmen die meisten grünen Pflanzen gelbe Farbe an (Etiolement), z. B. die Sprosse im Dunkeln keimender Kartoffeln, einige dagegen, besonders manche Algen, bleiben grün.

Der Nachweis der Sauerstoffausscheidung chlorophyllführender Zellen im Licht kann natürlich auch durch Verwendung von Luftgewächsen an Stelle von Wasserpflanzen geführt werden.

Zur Veranschaulichung des anatomischen Baues der hauptsächlich assimilatorisch wirkenden Gewebe und zur Demonstration der Einwirkung des Lichtes auf die Blattstruktur ist nebenstehend je ein Querschnitt durch ein Schatten- und Sonnenblatt der Buche (*Fagus silvatica*) nach L. Kny*) abgebildet.

2. Versuch. Nachweis abgeschiedenen Sauerstoffs durch die Bakterienmethode von Th. W. Engelmann.

Zu diesem Versuch bedient man sich sauerstoffempfindlicher Bakterien [z. B. *Pseudomonas* (*Bacterium*) *fluorescens*], welche aus faulendem Fleisch- oder Erbsenwasser nach den üblichen Methoden der Reinkultur gewonnen werden können. Diese sind lebhaft beweglich, wenn Sauerstoff zutreten kann, kommen dagegen zur Ruhe, wenn er fehlt.

Übergießt man ein höchstens fingergliedgroßes, geschabtes, mageres Stück rohen Fleisches mit etwa 100 ccm Leitungswasser, so entwickeln sich sauerstoffempfindliche Bakterien aus vorhandenen Keimen in wenigen Tagen in dem Wasser, vorwiegend an der Oberfläche. Bringt man einen Tropfen davon auf den Objektträger und legt ein *Elodea*-Blattstück oder einen Faden von *Spirogyra* dazu, so wird man, wenn das Deckgläschen so aufgelegt wird, daß keine Luftblasen entstehen, schon bei einer 250fachen Vergrößerung leicht wahrnehmen, daß die meisten Bakterien dieses Gemisches sich nur in unmittelbarer Nähe des assimilierenden Objektes bewegen, ein Beweis dafür, daß tatsächlich im Licht durch die grüne Alge Sauerstoff produziert wird. Im Bedarfsfalle kann man das Deckgläschen mit einem Vaselinring umgeben. Stülpt man eine Papp- oder Blechkappe zwecks Verdunkelung über das Mikroskop, so kommen nach kurzer Zeit die Bakterien zur Ruhe, um bei erneuter Belichtung durch Abheben der Kappe die Bewegung sofort wieder zu beginnen. Öfters wird man auch in großer Entfernung vom Blatt noch vereinzelte Bakterien herumschwimmen sehen; diese gehören einer anderen Gruppe an und sind für den Versuch nicht geeignet, da sie nämlich anaerob sind und demnach ihre Beweglichkeit auch bei Mangel an Sauerstoff beibehalten.

Wendet man zu diesem Versuche rein gezüchtetes Bakterienmaterial an, so fallen solche die Exaktheit des Versuches etwas störenden Nebenerscheinungen natürlich fort.

Um während längerer Zeit brauchbare Reinkulturen zur Verfügung

---

*) Zur Demonstration des Assimilationsgewebes sind Schnitte durch das leicht zu handhabende Blatt des Gummibaumes *(Ficus elastica)*, quer zu den Nerven ausgeführt, besonders beliebt. Die Schnitte können gut bei mittlerer Vergrößerung betrachtet und zum Konservieren in Glyzerin (s. später) eingelegt werden.

zu haben, müssen die Bakterien alle 2—3 Tage in neue Kulturröhrchen übergeimpft werden (vgl. den Abschnitt Bakteriologie).

Will man zeigen, daß es gerade die grünen Chromatophoren sind, welche den Sauerstoff ausscheiden, so wähle man *Spirogyra* mit sehr lang ausgezogenen Spiralbändern. Dann ist die Bewegung der Bakterien nur über den Spiralbändern zu beobachten.

Man kann aber auch das *Elodea*-Blatt zerzupfen und das Wimmeln der Bakterien an den herausgetretenen Chromatophoren beobachten. Dann muß man aber die Vorsicht gebrauchen, die Zellen unter dem Deckgläschen in eine etwa 10⁰/₀ige Rohrzuckerlösung zu legen, weil reines Wasser auf die Chromatophoren tödlich zu wirken pflegt. Reines Wasser ist ja auch nicht das Medium, in welchem die Chlorophyllträger in der intakten Zelle leben, denn gerade durch die Kohlenstoffassimilation wird fortwährend Zucker in dem Innern der Zellen abgeschieden.

Sehr geeignete Objekte für vorliegende Versuche sind auch einzellig und in Verbänden lebende Diatomeen, Oscillatorien und viele andere mehr, doch gehört deren Besprechung in den zweiten Teil dieses Buches.

3. Versuch. Assimilationsnachweis von *Elodea canadensis* mittels der Bläschenmethode.

In einfachster Weise kann man den Versuch so gestalten, daß man ein gewöhnliches Trinkglas mit Wasser füllt und einen etwa 1 dm langen Stengel von *Elodea* mit unverletzter Spitze und — mittels Schere oder Messer — frisch erneuter Schnittfläche hineinwirft. Mittels eines Glasstabes kann man den Stengel leicht verhindern an die Oberfläche aufzusteigen. Schon bei Beleuchtung mittels Petroleumlampe wird man, wenn das Material gut ist, deutlich Sauerstoffbläschen in schnellem Tempo und regelmäßigen Abständen aus der Schnittfläche der lakunösen Stengel infolge eines inneren Überdruckes hervortreten sehen. Es soll in der Regel etwa jede Sekunde ein Bläschen aufsteigen. Gelingt der Versuch nicht sogleich, so erneuert man die Schnittfläche (im Bedarfsfalle mehrfach); bleiben auch dann die Bläschen aus, so verwerfe man das Exemplar und wähle ein neues. Durch Zusatz von etwas Selterwasser wird das Tempo des Bläschenaufsteigens in der Regel sehr beschleunigt. Bei Verwendung flacher Gefäße läßt sich das Ganze leicht projizieren.

Man könnte den Versuch auch so anstellen, daß man die *Elodea*-Pflanze noch besonders in ein mit Wasser gefülltes (ev. graduiertes) Reagensglas oder einen Trichter schiebt; dann ließe sich aber eine etwa nötige Erneuerung der Schnittfläche weniger leicht durchführen.

Wenn das *Elodea*-Material nicht krankhaft ist, gelingt der geschilderte Versuch ohne Ausnahme.

Will man einen Massenversuch anstellen und den ausgeschiedenen Sauerstoff in größerer Menge in einem geeigneten Trichter auffangen,

so empfiehlt es sich, mindestens einen halben Eimer voll *Elodea* zum Versuch zu verwenden, die Schnittfläche wenigstens bei einer größeren Anzahl von Stengeln zu erneuern und zur Bestrahlung nach Möglichkeit direktes Sonnenlicht zu verwenden. Hat man zu diesem Versuch kein kohlensäurehaltiges Brunnenwasser zur Verfügung, so setze man Selterwasser hinzu oder leite vor dem Versuch einige Zeit lang Kohlensäure hindurch.

Auch im Freien kann man an zufällig verletzten Exemplaren von *Elodea*, *Potamogeton* usw. Perlenketten von Bläschen aufsteigen sehen.

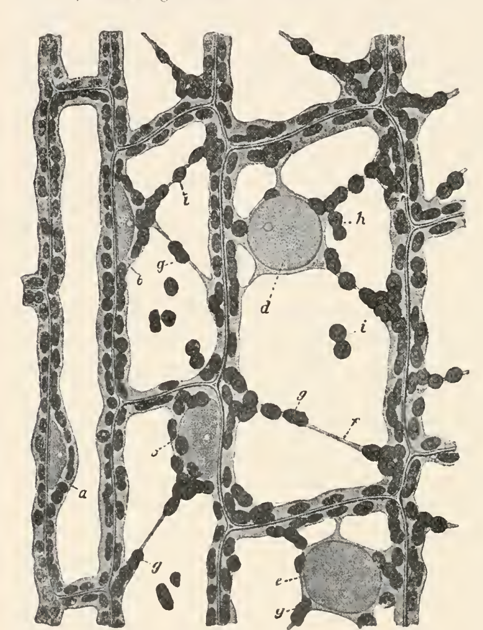


Abb. 2. Zellen der Blattoberseite von *Elodea canadensis*. ca. 600mal vergr. Die lange schmale Zelle zur Linken befindet sich über der Mittelrippe. *a—e* Kerne in Seiten- und Flächenansicht; *f* Plasmastrang; *g—i* Chlorophyllkörner in Teilung. (Nach L. Kny, Bot. Wandtafeln.)

Im spektroskopisch zerlegten Licht wirken die roten und blauen Strahlen am stärksten auf den Assimilationsprozeß ein: vgl. Kniep u. Minder (1).

Die Blätter von *Elodea* können dazu verwendet werden, die Rotationsbewegung des Protoplasmas zu demonstrieren. Da es sich dabei um einen Verletzungsreiz handelt, wird die Strömung erst nach etwa 10 Minuten deutlich. Schwaches Erwärmen über der Lampe kann den Prozeß etwas beschleunigen. Die Internodien von *Nitella*, auch *Chara*, eignen sich ebenfalls zu diesen Beobachtungen.

Die lebhafteste Plasmaströmung zeigen die Zellen an der Mittelrippe auf der Unterseite der Blätter. Man vergleiche die nebenstehende Abbildung und L. Kny, Erläuterungen zu den Wandtafeln.

Zirkulationsbewegung des Protoplasmas beobachtet man gut in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica*.

4. Versuch. Bewegung chlorophyllführender Körper.

In den Zellen der untergetauchten Wasserlinse (*Lemna trisulca*) bewirkt starke Belichtung, daß die Chromatophoren von den parallel zur

Oberfläche gerichteten Wänden auf die Seiten übergehen, wie aus der Abbildung ersehen werden kann. Man nimmt an, daß dadurch das Chlorophyll vor einer gewissen Zersetzung durch das Licht geschützt wird. Eine entgegengesetzte Gruppierung der Chlorophyllkörner beobachtet man an Exemplaren, welche 1—2 Stunden im Dunkeln gehalten worden sind.

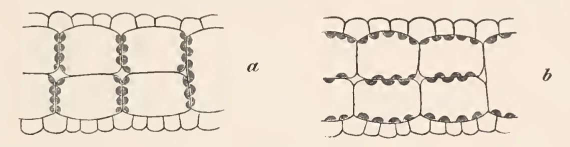


Abb. 3. Lagerung der Chlorophyllkörner a) bei starker Belichtung, b) im Schatten bzw. im Dunkeln. Die Figuren stellen Querschnitte durch die blattartigen Partien der untergetauchten Wasserlinse *(Lemna trisulca)* dar. (Nach E. Stahl.)

Zur Beobachtung können Stücke der *Lemna trisulca* direkt auf den Objektträger gebracht werden.

Weitere geeignete Untersuchungsobjekte hierfür sind nach E. Stahl die im Schatten entwickelten Blätter vom Hollunder (*Sambucus nigra*), von *Funaria hygrometrica* und von grünen Prothallien der Farne.

Bei dem grünen Flagellaten *Euglena viridis*, der in Dorfteichen, Jauchetümpeln usw. in großen Massen auftreten kann, vermag man bei nicht zu starker Beleuchtung positiv heliotaktische Bewegung sehr leicht zu beobachten. Vgl. den Abschnitt Algen.

5. Versuch. Extraktion und Zerlegung des Chlorophylls.

Man stellt sich eine Lösung dieses Farbstoffes dadurch her, daß man geeignete grüne Blätter, z. B. Grasblätter, mit Alkohol (gegen 98% oder etwas verdünnter) übergießt, mit Sand in einer Porzellanschale zerreibt nnd die Flüssigkeit dann abfiltriert. Man kann die Blätter auch einige Tage vorher mit Alkohol übergießen und in einem verschlossenen Gefäß dunkel aufbewahren. Dann läßt sich das Chlorophyll ohne Zerreiben der Pflanzenteile extrahieren. Willstätter u. Stoll (1) empfehlen als besonders kräftiges Extraktionsmittel Azeton.

Die so gewonnene Chlorophyllösung ist in dünnen Schichten grün und fluoresziert blutrot, besonders im Licht, welches reich an ultravioletten Strahlen ist (Sonnenlicht und elektrisches Bogenlicht). Wirft man mittels einer nicht zu starken Lupe einen konzentrierten Lichtkegel in eine verdünnte Chlorophyllösung, so tritt die rote Farbe besonders deutlich hervor.

In dicken Schichten ist die Chlorophyllösung dagegen auch bei durchfallendem Licht rot. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man ein mit Chlorophyllextrakt gefülltes Reagensröhrchen in einen leeren Mikroskoptubus stellt und mittels Spiegel von unten beleuchtet. Daher erklärt es sich auch, daß bei vielen Pflanzen im wesentlichen nur noch

rotes Licht passiert, wenn man 5—8 Blätter übereinander legt und in geeigneter Weise gegen die Sonne hält; vgl. Sachs(1) unter Diaphanoskop. Diese Erscheinung wird ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß nur der äußerste rote Teil des Chlorophyllspektrums ganz frei von Absorptionen ist. Bezüglich des Absorptionsspektrums der Chlorophyllösungen vgl. man W. Detmer (1), W. Pfeffer (1) und R. Willstätter (1).

Das Spektrum des Chlorophylls zeigt einen besonders charakteristischen Absorptionsstreifen im Rot bei der Fraunhoferschen Linie C; hierauf folgen nach dem Violett zu mit abnehmender Stärke drei Absorptionsbänder und unter vollständiger Auslöschung der blauen bis violetten Region ein zweites Absorptionsmaximum.

Im Licht tritt allmählich Zersetzung des Chlorophylls unter Bräunung ein.

Zur Zerlegung der Chlorophyllösung in Dunkelgrün und Gelb fügt man in einem Reagensröhrchen zu dem Chlorophyllextrakt etwas Benzin und, falls die Lösung nicht schon ein wenig verwässert ist, ein bis einige Kubikzentimeter Wasser. Es tritt dann, wie die Abbildung auf der Tafel I zeigt, eine Sonderung der Emulsion in zwei scharf getrennte Schichten ein, eine obere blaugrüne Benzinschicht und eine untere gelbe Alkoholschicht. Die obere fluoresziert blutrot, der unteren fehlt diese Eigenschaft, wenn die Trennung eine vollkommene war. Die Spektren beider Teile (vgl. Willstätter) sind ganz verschieden; nur die dunkelgrüne obere Schicht (Cyanophyll) enthält noch den charakteristischen Absorptionsstreifen im Rot; die untere Schicht (mit Xanthophyll) verdankt ihre gelbe Farbe den Karotinoiden. Die Trennung beider Farbstoffe kann man nun auch, wie die Tafelabbildung zeigt, dadurch erreichen, daß man in die Chlorophyllösung einen freiverdunstenden Streifen Fließpapier hängt. Schon nach kurzer Zeit kann man beobachten, daß der gelbe Farbstoff kapillar höher hinaufgesaugt wird als der grüne. (Goppelsroeders Kapillaranalyse.) Bezüglich weiterer Literatur s. W. Pfeffer (1).

6. Versuch. Kristallisiertes Chlorophyll.

Chlorophyllkristalle wurden zum erstenmal 1881 von J. Borodin (1) in St. Petersburg an mit Alkohol behandelten mikroskopischen Präparaten beobachtet. Unter 776 daraufhin geprüften Pflanzenarten lieferten 190 Arten (also 24 %) solche Kristalle. 1893 gelang es N. A. Monteverde (1) ebenda die Natur dieser Körper durch eingehende Untersuchung des Spektrums an makroskopischen Proben als Chlorophyll näher zu kennzeichnen.

Von 1907 ab veröffentlichte dann R. Willstätter (1) mit seinen Mitarbeitern Benz und Stoll ausführliche chemische Untersuchungen an großen Mengen von Material, welche uns mit der chemischen Natur dieser Kristalle ausgezeichnet bekannt gemacht haben. Eine Abbildung

aus seinen Arbeiten findet sich nebenstehend. Um die Kristalle zu gewinnen, bringt man eine Anzahl mikroskopischer Blattschnitte, am besten von der Bärklaue (*Heracléum sphondylium*) oder vom Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*), unter Zusatz von etwa 90 $^0/_0$igem Alkohol auf den Objektträger und legt ein Deckgläschen auf. Das so hergerichtete Präparat läßt man neben einem Schälchen mit Alkohol unter einer kleinen Glasglocke bis zum Eintrocknen stehen, am besten einen halben bis ganzen Tag oder länger. Dann zeigen sich die schönen drei- und sechseckigen Blättchen des „kristallisierten Chlorophylls".

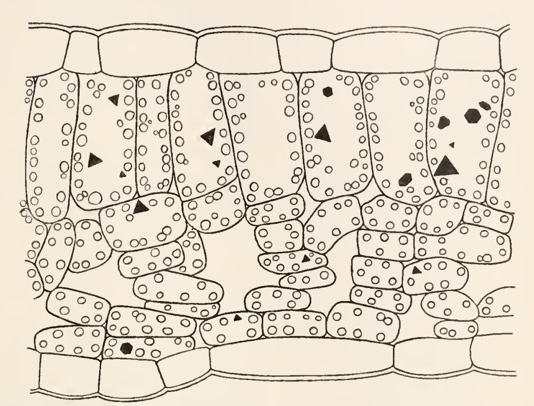


Abb. 4. „Kristallisiertes Chlorophyll" im Blatt von *Heracleum*, nach der Borodinschen Methode gewonnen. (Nach R. Willstätter u. A. Stoll.)

In der lebenden Pflanze findet sich das Chlorophyll in kolloidalem Zustand als eine, chemisch gesprochen, wachsähnliche Substanz, ohne Fluoreszenzerscheinungen. Nach Zusatz von Alkohol spaltet sich aus diesem Chlorophyll unter Mitwirkung des Fermentes Chlorophyllase ein höherer Alkohol von glyzerinartiger Beschaffenheit, das Phytol ($C_{20}H_{40}O$), ab und an dessen Stelle tritt Methyl oder Äthyl, je nachdem man Holzgeist oder Äthylalkohol zur Extraktion angewendet hat. Das Produkt der Kristallisation ist dann ein (phytolfreies) Methyl- oder Äthylchlorophyllid.

Die genaue chemische Analyse hat das Vorhandensein von vier kristallisierenden Pigmenten in den Chloroplasten ergeben, zwei grünen und zwei gelben, von folgender Natur:

1. $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (Chlorophyllkomponente a, in Lösung grünblau),
2. $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ (Chlorophyllkomponente b, in Lösung reingrün),
3. $C_{40}H_{56}$ (Karotin, Kristalle orangerot),
4. $C_{40}H_{56}O_2$ (Xanthophyll, Kristalle gelb).

Das Chlorophyll verkohlt ohne zu schmelzen und hinterläßt beim Glühen eine Asche von reiner Magnesia (MgO), ohne Phosphor oder Eisen, obwohl die letztgenannte Substanz zur Bildung des Chlorophylls in der lebenden Pflanze nötig ist.

7. Versuch. Verbreitung und Nachweis des Karotins.

Der gelbrote Farbstoff der Mohrrübe (*Daucus carota*) wird Karotin genannt. Er findet sich, nicht direkt an Plasma gebunden, in Form von Stäbchen und Plättchen in den Zellen (vgl. Courchet, Annales des sciences naturelles, 1888).

Dieser Farbstoff ist identisch oder nahe verwandt mit zahlreichen unter anderen Namen im Pflanzen- und Tierkörper allgemein bekannten gelben oder roten Farbstoffen. Nach R. Willstätter ist das Karotin der Mohrrübe ein ungesättigter Kohlenwasserstoff von der Formel $C_{40}H_{56}$, mithin stickstoffrei, ebenso wie der eine gelbe Bestandteil in den grünen Chloroplasten, während der andere bei sonst gleicher Zusammensetzung noch etwas Sauerstoff enthält.

Zu den Karotinoiden (so benannt von M. Tswett) rechnen auch:

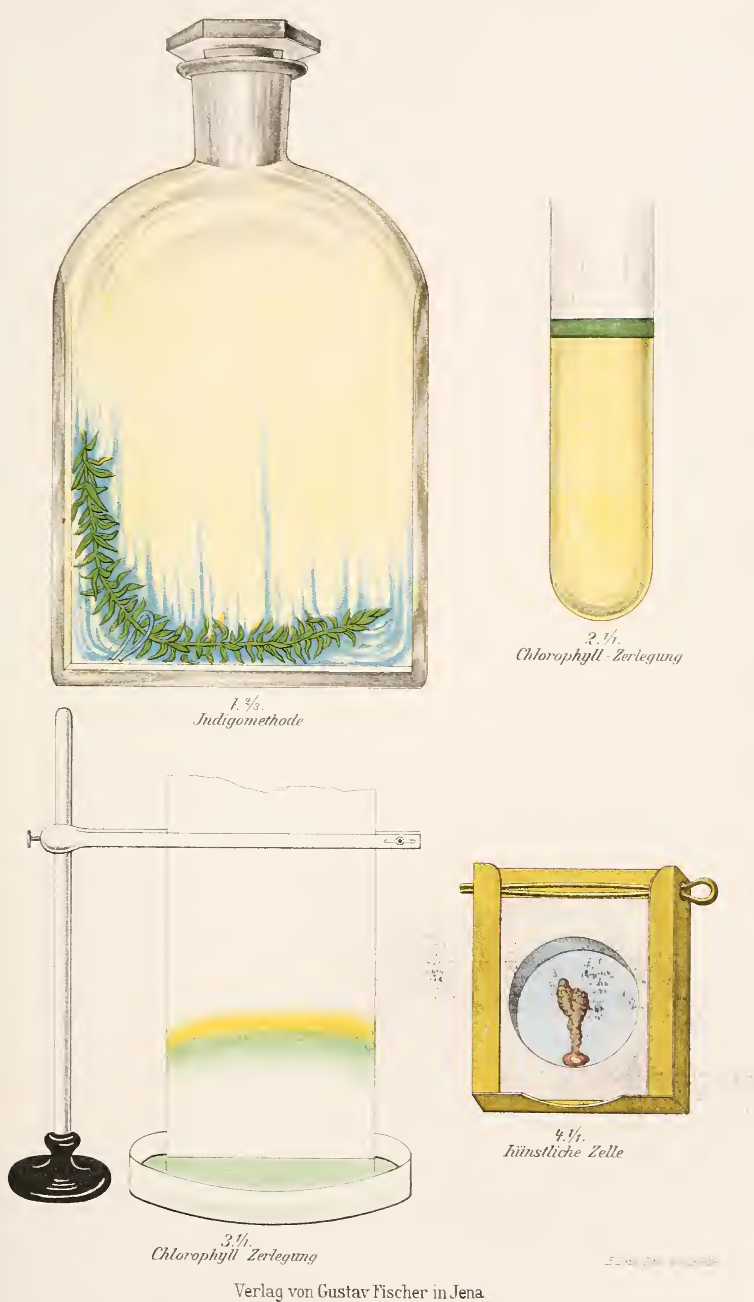
- das Gelb herbstlich verfärbter Blätter (das Rot der Herbstblätter des wilden Weins, der roten Weinbeere und anderer ist gelöstes Anthocyan),
- das Etiolin (z. B. bei im Dunkeln erzogenen Gerstenkeimlingen und bei den sehr hellen Sprossen des Spargels),
- das Gelb vieler Blütenfarbstoffe,
- das Rot des sogenannten Veilchenmooses (*Trentepohlia iolithus*),
- das Gelbrot der Uredo-, Teleuto- und Äcidiosporen,
- das Bakteriopurpurin des *Chromatium okenii*,
- die Augenflecke vieler Flagellaten und Schwärmer,
- das Rot der Goldfische,
- das Gelb des Eidotters.

Die Haut der lebenden Krebse enthält vor allem rote und bläulichgrüne Farbstoffe; aus ihrem Gemisch entstehen die allgemeinen Farbentöne des Krebspanzers. Durch Kochen werden die letztgenannten Farbstoffe zerstört, so daß Rot übrig bleibt.

Die Bedeutung der Karotinoide ist wenig bekannt. Sie sind in ihrer Bildung von der Anwesenheit reichlicher Mengen von Reservestoffen, wie Stärke und Fett, abhängig, sind selbst aber fettfrei. Sie sind möglicherweise ein Speichermaterial und gleichzeitig wahrscheinlich Sauerstoffüberträger.

Um das Karotin zu extrahieren und nachzuweisen, verfährt man in folgender Weise:

Mohrrüben werden auf einem Reibeisen zerrieben, dann getrocknet und in einer Porzellanschale gepulvert. Beim Übergießen mit Schwefelkohlenstoff, einem guten Lösungsmittel für Karotin, färbt sich dieser sogleich tief gelbrot. Der Schwefelkohlenstoff wird nun abfiltriert (wobei das Filter nicht mit Wasser angefeuchtet werden darf) und spektroskopisch geprüft. Es zeigt sich dabei, daß im wesentlichen der blaue und violette Teil des Spektrums absorbiert wird.



1. 2/3.
Indigomethode

2. 1/1.
Chlorophyll-Zerlegung

3. 1/1.
Chlorophyll Zerlegung

4. 1/1.
Künstliche Zelle

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



Gießt man von der Flüssigkeit eine Probe auf ein Uhrschälchen und läßt den Schwefelkohlenstoff verdunsten, so bleibt als Rückstand fast reines Karotin. Dieses färbt sich nach Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure schön blau, ähnlich wie manche rote Käferflügel im trockenen Zustande, die zum Teil Karotinkristalle enthalten [vgl. Paul Schulze (1)]; nach Zusatz von Jodlösung tritt Grünfärbung ein. Besitzt der Karotinbeschlag eine zu große Dicke, so kann es vorkommen, daß die Reaktionen versagen.

In gleicher Weise kann man mit herbstlich verfärbten Laubblättern, im Finstern erzogenen Gersten- oder Weizenpflanzen usw. verfahren. Übergießt man getrocknete, zerriebene grüne Pflanzen mit Schwefelkohlenstoff, so wird nur der gelbe Bestandteil des Chlorophylls extrahiert.

Sehr schöne Resultate erhält man beim Studium der roten Schwefelbakterien *Chromatium okenii*, *Lamprocystis roseo-persicina* u. a. m., die hier kurz erwähnt seien (Abbild. s. später). Nach Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure gewahrt man, daß die einzelnen Zellen eine schöne, himmelblaue Färbung annehmen; die Grünfärbung durch Jod ist dagegen weniger ausgesprochen. Es empfiehlt sich, bei diesen Beobachtungen die Irisblende ziemlich weit zu öffnen.

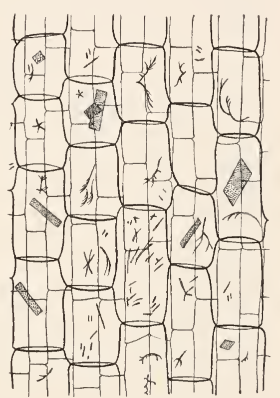


Abb. 5. Karotinkristalle aus dem Blatt von *Elodea canadensis*, durch die „Kalimethode" gewonnen. Vergr. mittelstark. (Nach H. Molisch.)

Der gelbe Farbstoff der Chromatophoren bei Diatomeen, welcher den grünen Farbstoff verdeckt, ist ebenfalls wasserunlöslich; seine chemische Natur ist zurzeit noch nicht genügend bekannt; wahrscheinlich handelt es sich um ein Karotinoid.

Legt man nach den Angaben von Molisch (1) mehrere Tage lang ein Blattstück, z. B. von *Clivia nobilis*, in $40\,^0/_0$igen Alkohol, welchem 20% Kalilauge zugefügt ist, so treten durch Veränderung der Chlorophyllkörner des Blattes deutliche Kristalle von Karotin auf, wie die Abbildung zeigt.

Die Bildung von Chlorophyll aus Karotin ist auch in der lebenden Pflanze nicht sicher beobachtet worden. Wenn etiolierte Blätter ergrünen, wird vielleicht nur der dunkelgrüne Bestandteil hinzugefügt.

Über die Entwicklungsgeschichte des Chlorophylls in der lebenden Pflanze ist noch wenig bekannt. Der Embryo in den Samen von *Pinus* und anderen Coniferen enthält kein Chlorophyll und ist farblos. Läßt man solche Samen im Dunkelschrank auskeimen, so entwickeln sich normale, chlorophyllgrüne Keimlinge, während andere Pflanzen gelb werden [vgl.

W. Pfeffer (1), S. 318]. Es bleibt noch näher zu erforschen, welche Umstände in diesen Beispielen die Entstehung des Chlorophylls im Dunkeln gestatten. Bezüglich Karotin vgl. auch A. Zimmermann (1).

II. Gruppe. Turgor und Osmose.

Der durch den Assimilationsprozeß entstandene Zucker kann in der Pflanze leicht nachgewiesen werden, zum Teil schon durch den Geschmack. Er spielt als wichtiger Nährstoff im Pflanzenkörper eine bedeutsame Rolle, doch kommt ihm auch in physikalischer Beziehung eine besondere Bedeutung zu, da seine Lösungen im Verein mit den Eigentümlichkeiten im Bau der lebenden Zellen starke Spannkräfte hervorbringen, welche in diesem Abschnitt behandelt werden sollen.

1. Versuch. Mohrrübenversuch.

Man höhle einige etwa 12 cm lange und 4—5 cm dicke Rüben oben einige Zentimeter tief aus und stelle sie frei auf (z. B. durch nicht zu weites Abschneiden des spitzen Endes) oder stecke sie in ein mit Sand gefülltes Gefäß. Hierauf fülle man mittels eines Messers, Löffels, trockenen Reagensglases oder gefalteten Papierstreifens gewöhnlichen Zucker trocken in die vorher nötigenfalls mit einem Tuch ausgewischte Höhlung; weitere Exemplare beschicke man mit Stärkemehl. Schon nach Verlauf einer viertel bis einer Stunde fangen die der Wand der Grube anliegenden Teile des Zuckers an stark feucht zu werden. Im Laufe weiterer Stunden wird dem oberen Teil der Rübe, auch den mehr peripherisch gelegenen Zellen, dauernd Wasser osmotisch entzogen, so daß der Zucker sich löst und die entstehende Flüssigkeit, unter gelindem Schrumpfen der Rübe, fortwährend an Volumen zunehmend, schließlich nach ein bis einigen Tagen überlaufen kann. Die mit der osmotisch unwirksamen Stärke gefüllte Rübe bleibt einige Tage lang im wesentlichen unverändert.

Die durch Wasserentzug entspannten oberen Teile der Rübe werden allmählich schlaff und beginnen stärker zu schrumpfen, während der untere kompakte Teil der Rübe lange Zeit noch ganz prall und hart ist. Der Wasserentzug durch die starke Zuckerlösung war in den oberen Partien der Rübe so stark, daß auf osmotischem Wege aus den unteren Teilen nicht genug Wasser zum Ersatz nachströmen konnte. Legt man aber die Rübe nach Abspülen des Zuckers in reines Leitungswasser, so nehmen ihre an Wasser arm gewordenen Zellen dieses von außen auf, wodurch der obere Teil der Rübe wieder seine ursprüngliche Größe und Festigkeit annimmt.

Man erkennt aus dem Versuch, daß der Rohrzucker, den man übrigens auch durch Kochsalz, Kalisalpeter usw. ersetzen könnte, wie eine hygroskopische Substanz wirkt und das Welken der Rübe herbeiführt. Der Wasserentzug hält solange an, bis das in der Aushöhlung zurückbleibende

Zuckerwasser dieselbe Konzentration angenommen hat, wie der Saft im oberen Teil der Mohrrübe. Man sagt dann, der Rübensaft und das Zuckerwasser sind isotonische Lösungen, d. h. beide Flüssigkeiten besitzen dieselbe osmotische Saugkraft. Bei dem Hineinlegen der welken (plasmolysierten) Rübe in reines Wasser kommt natürlich die wasseranziehende Kraft des Rübensaftes wieder zur Geltung und stellt durch Wasseraufnahme die alte Festigkeit von neuem her.

Überzuckert man frische, unverletzte, pralle und nicht entstielte Kirschen mit gewöhnlichem Kochzucker, so wird man keine starke Wasserentziehung erwarten können, weil die Kirschen mit einer wenig wasserdurchlässigen Haut überzogen sind.

Zum Schluß mag noch erwähnt werden, daß die wasserentziehende Kraft des Zuckers auch vom Publikum mehrfach benutzt wird. Man höhlt z. B. einen Rettig aus, durchsticht seinen Boden mittels eines Stiftes und füllt Zucker ein. Der Zuckersaft, welcher bald unten aus dem Loch herausfließt, schmeckt nach Rettig und wird als Hustenmittel verwendet. Ersetzt man den schmelzenden Zucker rechtzeitig wieder durch festen, so wird schließlich dem schrumpfenden Rettig fast alles Wasser entzogen, weil die osmotische Saugkraft des Zuckers in der Höhlung die des Zellsaftes überwiegt.

2. Versuch. Die künstliche Zelle.

In den Jahren 1864—1866 veröffentlichte Moritz Traube (1) „Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose“. Diese Versuche behandeln die Herstellung künstlicher Zellen, welche das Verständnis für die osmotischen Vorgänge im Pflanzenkörper sehr gefördert haben. Es sei vorausgeschickt, daß die im Folgenden geschilderte Versuchsanstellung sich nicht in allen Punkten mit der Traubes deckt; er verwendete nämlich Kupferchlorid, während hier Kupfersulfat, das bessere Resultate liefert, angewandt wurde.

Man geht zweckmäßig von einer konzentrierten (noch Kristalle als Bodensatz enthaltenden) Kupfersulfatlösung (d. s. ca. 30%) in destilliertem Wasser aus, die man sich vorrätig halten kann. Man gießt eine Probe aus dieser Flasche ab und verdünnt sie in einem Meßzylinder oder direkt im Beobachtungsglase mit dem mindestens zweifachen und höchstens etwa siebenfachen Volumen destillierten Wassers. Man kann auch direkt die $CuSO_4$haltige Stammflüssigkeit der Fehlingschen Lösung (d. s. ca. 7%) für den Versuch verwenden.

Die für das Experiment geeignete Lösung von Kupfersulfat kann man einfüllen in ein Becherglas, ein Reagenzglas, eine Medizinflasche, eine viereckige Lindnersche Flasche, eine Planktonkammer (vgl. Abbild. auf Taf. I und den zweiten Teil des Buches) usw. Mehr oder weniger geeignet ist übrigens jedes helle Glasgefäß, dessen Wände einigermaßen glatt sind.

Wirft man ein stark hirsekorn- bis höchstens erbsengroßes, nicht krümeliges (weil dann lufthaltiges) Stück gelben Blutlaugensalzes in die

blaue Flüssigkeit, so bildet sich durch die Berührung dieser beiden chemischen Substanzen kolloidales Ferrozyankupfer, das als feine, rotbraune, osmotisch wirksame Membran den am Boden liegenden Kristall von gelbem Ferrozyankalium überzieht, wenn man das Gefäß ruhig stehen läßt.

$$\underset{\text{Kupfersulfat}}{2\,CuSO_4} + \underset{\text{gelb. Blutlaugensalz}}{K_4Fe(CN)_6} = \underset{\text{Ferrozyankupfer}}{Cu_2Fe(CN)_6} + \underset{\text{Kaliumsulfat}}{2\,K_2SO_4}.$$

Das Kaliumsulfat kommt für den Versuch nicht in Betracht.

Der in die Kupfersulfatlösung geworfene Kristall umgibt sich unter der rotbraunen Haut mit einer konzentrierten Lösung seiner eigenen Substanz, durch welche der blauen Lösung schnell Wasser entzogen wird, aber nur Wasser, da es eine äußerst wichtige Eigenschaft der semipermeablen Ferrozyankupfermembran ist, weder Kupfervitriolmoleküle zum Blutlaugensalz noch umgekehrt passieren zu lassen. Um gut beobachten zu können, lege man gleich zu Beginn des Versuches ein weißes Blatt Papier unter das Gefäß. Diese Membran zeigt also physikalisch dieselben Eigenschaften wie der lebende Protoplasmaschlauch der Zelle. Nun darf man aber nicht vergessen, daß sich der lebende Plasmaschlauch bei längerer Dauer eines Versuches für Moleküle, z. B. des Zuckers, als durchlässig erweist, denn sonst bliebe unverständlich, wie Zucker von Zelle zu Zelle wandern könnte, z. B. aus den Palisadenzellen in das Schwammparenchym der Blätter und weiter abwärts.

Läßt man das Versuchsgefäß ganz ruhig stehen, so wächst die künstliche Zelle in der blauen Flüssigkeit meist in Gestalt einer unregelmäßigen Keule oder eines Bäumchens von rotbrauner Hülle und gelbem Inhalt empor (vgl. Abbild.). Das Wachstum beginnt sogleich; nach etwa einer halben Stunde pflegt der Versuch dann beendet zu sein. Die treibende Kraft für das Wachstum der künstlichen Zelle ist der besonders zu Anfang bestehende große Konzentrationsunterschied zwischen der blauen und gelben Flüssigkeit.

Die künstliche Zelle kann in der Planktonkammer, auch wenn man sie in der Hand hält und etwas bewegt, sehr gut beobachtet werden, bei vertikaler Stellung makroskopisch (mit Lupe oder in Projektion), bei horizontaler Lage unter dem Mikroskop bei 20—100facher Vergrößerung. Beim Umdrehen der Kammer um 180° sinkt die konzentrierte Lösung von gelbem Blutlaugensalz im Innern der künstlichen Zelle herab, so daß infolge der am Kopf der Zelle verstärkten Konzentration ein neues Bäumchen neben dem ersten emporwächst.

Bei mikroskopischer Betrachtung kann man auch in der Weise verfahren, daß man auf einem Objektträger bei schwacher oder mittlerer Vergrößerung einen nicht zu großen Kristall von Ferrozyankalium einstellt, nachdem man ein Deckgläschen darüber gelegt hat, und unter Vermeidung von Luftblasen mittels Saugpipette die Kupfersulfatlösung zufügt. Man erkennt dann leicht, daß die sich bildende rotbraune Membran bei ihrer Ausdehnung platzt und sich durch Neubildungen wieder schließt. In

dieser Beziehung erfolgt das Wachstum etwas anders als das des schleimigen Plasmaschlauches.

Bei Verwendung konzentrierter Kupfersulfatlösung tritt begreiflicherweise so gut wie kein Wachstum der künstlichen Zelle ein, da beide Lösungen ziemlich gleich starke osmotische Saugkraft besitzen.

Ist die künstliche Zelle gewachsen und wird dann die äußere Flüssigkeit durch konzentrierte Lösung ersetzt, so zieht sich die Zelle nicht zusammen, wie es bei dem lebenden, schleimigen Protoplasmaschlauch geschieht.

Die künstliche Zelle kann jederzeit leicht demonstriert werden, da der Versuch niemals mißglückt.

Man halte sich vorrätig:

1. Flasche mit konzentrierter $CuSO_4$ in destilliertem Wasser (am Boden ungelöste Kristalle),
2. Flasche mit destilliertem Wasser,
3. Pulverflasche mit Kristallen von gelbem Blutlaugensalz,
4. Meßzylinder von 50—100 ccm Inhalt.

Über künstliche Silikatzellen vgl. man J. Reinke, Bot. Ztg. 1875.

3. Versuch. Permeabilität des abgetöteten Plasmaschlauches.

Es ist bekannt, daß der lebende Plasmaschlauch für den in vielen Blättern, Blüten und Früchten vorkommenden, lakmusähnlichen Anthozyanfarbstoff undurchlässig ist. Legt man also Fäden von *Spirogyra*, welche einen deutlich sichtbaren Kern haben, in solchen roten Saft, z. B. der Heidelbeere, so dringt der Farbstoff nicht ein, solange die Zellen lebend sind, tötet man sie aber, z. B. durch Erwärmen, Gifte oder durch den Induktionsstrom, so färbt sich der Kern sogleich tiefrot, weil er selbst und der wandständige Plasmaschlauch für den Farbstoff durchlässig geworden sind. Die an späterer Stelle behandelten Zellen von *Tradescantia discolor* verlieren, wie die mikroskopische Beobachtung zeigt, ihren roten Farbstoff durch Austritt aus den Zellen, wenn man diese durch Erhitzen tötet. Bezüglich Lebendfärbung vgl. man W. Pfeffer (1), S. 103.

Auch makroskopische Versuche lassen sich zur Demonstration des oben Gesagten ausführen, z. B. mit Blättern von Rotkohlköpfen.

Man fülle zwei Bechergläser mit destilliertem Wasser, nicht Leitungswasser, da dieses alkalische Reaktion besitzt. Man schneidet nun Rotkohlblätter in Stücke und bringt diese in die beiden Bechergläser. Wird das Wasser in dem einen auf mehr als 50—60° C erwärmt, so tritt wegen des Abtötens der Plasmaschläuche der rote, im Zellsaft gelöste Farbstoff aus, während das Wasser des nicht erwärmten Kontrollgefäßes farblos bleibt. Blätter von etwas lockeren Kohlköpfen pflegen bei dem Versuch mehr Farbstoff zu liefern als solche sehr fester Köpfe. Man kann statt der Bechergläser auch Reagenzgläser benutzen.

Der gleiche Versuch gelingt auch sehr gut mit roten Kirschen, etwa in der durch nebenstehende Abbildung angegebenen Form. Im Bedarfsfalle könnte man auch die äußeren Partien von Radieschen benutzen. Anthozyanhaltige Laubblätter sind im allgemeinen weniger gut verwendbar.

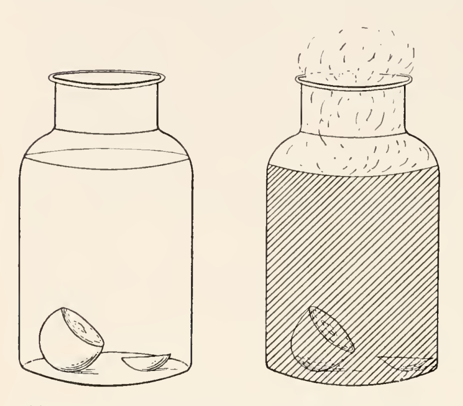


Abb. 6. Kirschenversuch zur Demonstration der Durchlässigkeit abgetöteter Plasmaschläuche. Links: Wasser von Zimmertemperatur, farblos. Rechts: Heißes Wasser, rot durch Kirschsaft. (Orig.)

Der extrahierte Farbstoff zeigt ähnliche Reaktionen wie Lakmus: Durch mäßigen Zusatz von Alkalien wird er blau (daher Anthozyan genannt), durch Zusatz einiger Tropfen von Säuren rot. Der Umschlag der Reaktionen kann bei Demonstrationen zu wiederholten Malen von derselben Flüssigkeit vorgenommen werden.

Auch durch Kältewirkung können saftige Zellen zum Absterben (Erfrieren) gebracht werden, wie es scheint dann, wenn im Zellstoff ein Gemisch von Eis und Salzen entsteht [Kryohydratpunkt*)]. Die verschiedenen Organe desselben Individuums können bei verschiedenen Temperaturen erfrieren, ein Apfel z. B. bei — 3° C, ein Apfelbaumstamm erst unter — 20° C.

4. Versuch. Künstlicher Turgor.

Der Turgordruck kommt dadurch zustande, daß die osmotische Saugkraft des Zellsaftes und die elastische Spannkraft der Zellhaut gegeneinander wirken. Zur Demonstration dieses Wechselspiels kann folgender Versuch dienen: Man überbinde ein weites Glasrohr von 10—20 cm Länge an beiden Enden fest mit nasser, vorher stundenlang gewässerter Schweinsblase, nachdem man es mit einer hochprozentigen Zuckerlösung unter Vermeidung von Luftblasen gefüllt hat, und lege es in eine Schale mit Leitungswasser. Besonders bei höherer Temperatur (ca. 50° C) wird die Zuckerlösung, welche sich im Innern der Röhre befindet, nach Verlauf mehrerer Stunden reichlich Wasser anziehen und die Schweinsmembranen vorwölben. Sind sie recht prall gespannt, so steche man in eine Membran mit einer Nadel hinein. Sogleich nach dem Herausziehen der Nadel wird ein Strahl von Zuckerlösung in einem etwa 2 m langen Bogen herausschießen.

Weitere Modifikationen dieses Versuches s. bei W. Detmer (1).

*) Dieser Punkt wird erreicht, wenn der Zellsaft zu einem Gemisch von Eis und Salz erstarrt.

Der Vergleich dieses Modells mit einer Zelle ist nur unvollkommen, da in der turgeszenten Zelle zwei Häute unterschieden werden: die elastische Zellulosehaut und die schleimige, semipermeable Protoplasmahaut, welche in der erstgenannten ihr Widerlager findet. Die Zunahme der Turgeszenz einer Zelle hört auf, wenn sich osmotische Saugkraft und elastische Spannkraft das Gleichgewicht halten. Der Turgordruck in den lebenden Pflanzenzellen beträgt im Mittel 7 Atmosphären, also so viel wie die Spannung in manchen Dampfkesseln. Wären die Zellen nicht so klein, würde man auch hier beim Hineinstechen mit einer feinen Nadel einen Saftstrahl hervorschießen sehen.

Man kann die Saugkraft osmotisch wirksamer Lösungen auch in der Weise demonstrieren, daß man nach den Angaben von Dutrochet die Mündung eines mit Kugeltrichter versehenen Steigrohres mit Schweinsblase überbindet, das Rohr mit Zuckerlösung, alkannarot gefärbtem Alkohol oder dergleichen füllt und in Wasser taucht. Dann steigt infolge von Endosmose des Wassers die Flüssigkeitssäule in dem Rohr nach Verlauf einiger Stunden.

5. Versuch. Natürlicher Turgor.

Man beobachte unter dem Mikroskop bei etwa 150facher Vergrößerung einen gesunden nicht zu kurzen Faden von *Spirogyra crassa*. Die Querwände seiner Zellen sind besonders in der Mitte des Fadens vollkommen gerade und zur Längsausdehnung des Fadens quergerichtet. Sticht man mit einer spitzen Nadel eine der mittleren Zellen an, so hört in dieser der hydrostatische Druck wegen der Verletzung des Primordialschlauches auf. Demzufolge wölben sich in den Nachbarzellen die Querwände wegen des dort herrschenden Turgordruckes stark vor. (Ähnliche Bilder liefern *Oscillatoria*-Fäden mit Nekridien.) Fügt man jetzt 4%ige Kalisalpeterlösung hinzu, so wird wegen des Wasserverlustes in allen Zellen des Fadens der Turgor (unter Abheben der Plasmaschläuche von den Wänden) aufgehoben. Dadurch müßten sich alle vorgewölbten Querwände wieder gerade strecken, doch sind diese gerade bei *Spirogyra crassa* meist so duktil, daß ein Teil der Vorwölbungen dauernd bleibt.

Hätte man vorher die Teilstriche eines Okularmikrometers scharf auf die Ansatzstellen zweier benachbarter Querwände eingestellt, so würde man beim Aufheben des Turgors eine Kontraktion der Längswände um 6—8% feststellen können.

Diese mikroskopisch sichtbare Kontraktionswirkung kann man auch makroskopisch erzielen, z. B. in der Weise, daß man ein etwa 6 cm langes Hypokotyl von *Lupinus albus* längs aufspaltet und die beiden Hälften zum Plasmolysieren in eine 4%ige Kalisalpeterlösung legt. Wegen des dadurch bewirkten Turgorschwundes tritt auch hier in etwa einer halben Stunde eine Verkürzung von 6—8% ein. Legt man die Gewebehälften nachher in reines Leitungswasser, so werden sie wiederum prall und dehnen sich min-

destens bis auf ihre ursprüngliche Länge wieder aus. Sollten sich die Objekte bei diesen Versuchen stark krümmen, so empfiehlt es sich, sie vorher zu schälen.

Übrigens kann man die plasmolysierte Hypokotylhälfte statt durch osmotische Kräfte auch durch Anhängen von Gewichten wieder auf ihre ursprüngliche Länge dehnen. Dann entspricht die Größe der Gewichte (abgesehen von Fehlern, die durch Verzerrung des Zellnetzes bedingt sind) dem osmotischen Druck in den Zellen.

Das Einspannen des Hypokotyls kann man durch dünne Gummischlauchstücke mit übergezogenen Klemmschrauben bewirken.

6. Versuch. Gewebespannung.

Trennt man von einem reichlich fingerlangen Stengelstück von *Begonia* oder von jungen Wurzelschossen des *Sambucus nigra* auf eine längere Strecke Rinde und Holz durch Längsschnitte ringsum ab, so gewahrt man leicht, daß das Mark, welches vorher gleichsam gestaucht war, sich verlängert.

Stehen einem leicht Schafte von *Taraxacum officinale* zur Verfügung, so spalte man diese durch zwei kreuzweis geführte Längsschnitte, wobei die so getrennten Stengelstücke wegen der Ausdehnung des Markes sogleich nach außen klaffen werden. Natürlich nimmt diese Krümmung beim Hineinlegen in Wasser noch stark zu. Durch Plasmolyse mittels 4%iger Kalisalpeterlösung wird sie wieder vollständig rückgängig gemacht. Auch Hypokotyle von *Lupinus albus* und *Ricinus communis* können verwendet werden.

Die Rinde der Bäume ist ebenfalls gegen den Holzkörper gespannt (Rindenspannung).

Die vorstehend beschriebenen, durch Gewebespannung bedingten Krümmungen sind der Wirkung nach vergleichbar der Bewegung knochiger Körperteile durch die Muskeln. Den Knochen würde hier der Holzkörper, den Muskeln das turgeszente Markparenchym des Stengels vergleichbar sein.

Die meisten Bewegungen lebender Pflanzenteile kommen durch diese Wirkungen der Parenchymzellen zustande, so z. B. das Öffnen und Schließen vieler Blüten, die sogenannten nyktitropischen Bewegungen der mit Gelenkpolstern versehenen Blätter der Bohne, des Klees usw. und die Reizbewegungen der *Mimosa pudica**). Man vgl. hierzu J. Sachs (2), G. Haberlandt (1). Diese zu Bewegungen oder Krümmungen führenden Differenzen in der Turgorspannung können entweder an längeren Gewebepartien auftreten, z. B. bei der revolutiven Nutation, oder lokalisiert sein, z. B. bei Gelenkpolstern (die eine gewisse Dorsiventralität zeigen können),

*) *M. pudica*, Pflänzchen von etwa 10 cm Höhe, sind in Töpfen bei Gärtnern für etwa 20 Pf. pro Stück käuflich. Sie sind zu Reizversuchen ganz gut verwendbar. Zum Weiterzüchten setzt man die Töpfe zweckmäßig in ein bedecktes größeres Akkumulatorenglas, das gut belichtet wird, am besten durch direkte Sonne. Auf den Boden des Gefäßes bringt man feuchten Kies und eine Schale mit Wasser.

und bei den Bewegungen vieler Blüten (z. B. in Verbindung mit Wachstum bei den diageotropischen der Blüten von *Narcissus*) und vieler Laubblätter.

Turgordifferenzen, Wachstum und Reizerscheinungen, z. B. bei Ranken, können miteinander kombiniert sein. Es handelt sich hierbei vielfach um Anpassungserscheinungen (Aufsuchen geeigneter Stützen, Einnehmen günstiger fixer Lichtlagen, Vermeidung von Wärmeausstrahlungen, Pollenschutz usw.).

Als Beispiele seien genannt:

Versuchspflanzen:	im Dunkeln:
Acacia lophanta (Leguminosae)	Blättchen aufgerichtet
Mimosa pudíca ,,	Blattstiele gesenkt (Pflanze reizbar)
Trifolium pratense ,,	Blättchen aufgerichtet
Amorpha fruticosa ,,	,, herabgeschlagen
Coronilla varia ,,	,, aufgerichtet
Amicia zygomeris ,,	,, herabgeschlagen
Phaseolus multiflorus ,, (vgl. nebenstehende Abbildung.)	,, ,,
Oxalis acetosella (Oxalidaceae)	,, ,,



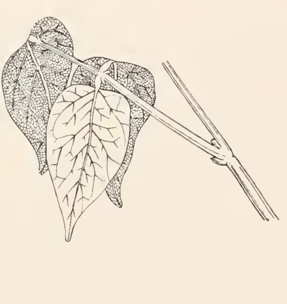


Abb. 7. Blätter der Feuerbohne (*Phascolus multiflorus*), links in Tag-, rechts in Nachtstellung. Am Grunde der Blättchen erkennt man deutlich die Gelenkpolster. Zu Versuchen können Pflanzen in Töpfen verwendet werden. (Orig.)

Autonome Bewegungen.

Desmodium gyrans (Leguminosae)	Seitenblättchen schwingend
Trifolium pratense ,,	Blättchen sich sehr langsam auf und ab bewegend
Phaseolus multiflorus ,,	revolutive Nutation der Sproßspitze
Humulus lupulus (Moraceae)	,, ,, ,, ,,
Calystegia dahurica (Convolvulaceae)	,, ,, ,, ,,
Convolvulus sepium ,,	,, ,, ,, ,,

Der Hopfen windet, im Gegensatz zu den meisten anderen Schlingpflanzen, rechts, d. h. seine Stengel erscheinen rechts aufsteigend, wenn man sich selbst als Stütze hineindenkt.

Rankenpflanzen.

Clematis vitalba (Ranunculaceae), Blattstiele reizbar

Vitis vinifera (Vitaceae)

Parthenocissus (*Ampelopsis*), Wickel-, Haftscheiben- und Klemmranken (vgl. nebenstehende Abbildung.)



Abb. 8. Haftscheibenranken von *Parthenocissus (Ampelopsis) radicantissimus.* (Orig.)

Cobaea scandens (Polemoniaceae), Krallenranken

Bryonia alba (Cucurbitaceae)

Cucumis sativus, Gurke, (Cucurbitaceae)

Cucurbita pepo, Kürbis, „

Sicyos angulatus (Cucurbitaceae)

Cyclanthera explodens „

Öffnen und Schließen der Blüten.

Versuchspflanzen	im Dunkeln
Tulipa (Liliaceae)	geschlossen
Crocus (Amaryllidaceae)	„
Silene nutans (Caryophyllaceae	geöffnet
Linum, Flachs (Linaceae).	geschlossen
Oenothera, Nachtkerze (Onagraceae)	geöffnet
Bellis perennis, Gänseblümchen (Compositae).	geschlossen
Taraxacum officinale, Löwenzahn (Compositae)	„
Tragopogon pratense, Bocksbart (Compositae)	„

Über die Forschungen, betreffend die physiologischen Leistungen der Gewebe, vergleiche man G. Haberlandt (1).




Abb. 9. Hygroskopischer Mechanismus an der Kapsel der Abendlichtnelke *(Melandryum album)* Links im trockenen Zustande, rechts nach Eintauchen in Wasser. (Orig.)

Hygroskopische und Kohäsionsmechanismen, welche sich an toten Objekten abspielen, sind nebenstehend abgebildet und bei Besprechung der Farnsporangien noch näher behandelt.

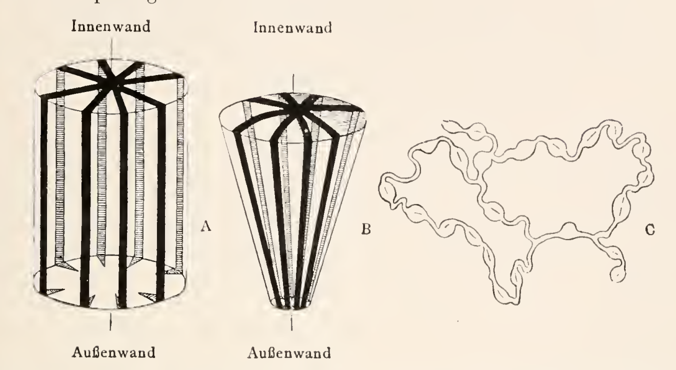


Abb. 10. Kohäsionsmechanismus in den Antherenzellen des Fingerhutes *(Digitalis purpurea)*. *A* Längswände der Faserzelle ungefaltet; *B* Längswände der Faserzelle gefaltet; *C* Tangentialschnitt durch zwei Faserzellen, deren Radialwände wellblechartig verbogen sind. Vergr. 900. (Nach C. Steinbrinck.)

7. Versuch. Isotonische Lösungen.

Die Zellen der Blattunterseite von *Tradescantia discolor*, besonders diejenigen der Mittelrippe, besitzen annähernd den gleichen Turgor und enthalten im Zellsaft Anthocyan. Abb. s. unter Spaltöffnungen.

Man bereite eine 1,5 %ige Lösung von Kalisalpeter und eine 8 %ige von Rohrzucker und gieße sie in je ein Schälchen. Legt man in beide Schälchen Oberflächenschnitte eines gut gesäuberten Blattes von *Tradescantia discolor* hinein, die Schnittfläche am besten nach unten, so wird man finden, daß nach Verlauf von 10—20 Minuten beide Lösungen ungefähr gleich starke Kontraktion des Plasmaschlauches verursacht haben, die zunächst als Rückzug des Plasmaschlauches aus den Ecken erkennbar ist, wodurch sich das gerade eingetretene Aufhören des Tugordruckes mikroskopisch kenntlich macht (Plasmolyse*). Man vergleiche auch die vorher besprochenen Versuche mit *Spirogyra crassa* und die Ausführungen in dem Kapitel über die Zuckerrübe. Bisweilen kann es nötig sein, 2 % Kalisalpeter und 10 % Rohrzucker anzuwenden. Wollte man übrigens ganz korrekt verfahren, so müßte man die verwendeten Substanzen vor dem Abwägen sorgfältig trocknen.

Die beiden genannten Flüssigkeiten üben in ihren bezüglichen Konzentrationen ungefähr die gleiche wasseranziehende Kraft aus. Solche gleich

*) D. h. Loslösen des Plasmaschlauches von der Zellwand. Die Kontraktion kompakten Plasmas, z. B. bei Myxomycetes, bezeichnet Balbiani als Plasmorhyse (rhysos = Schrumpfung).

stark wasserentziehenden (osmotisch wirksamen) Flüssigkeiten nennt man isotonisch. Genaue Zahlen für isotonische Lösungen sind:

Rohrzucker 7,62%, Kalisalpeter 1,5%, Kochsalz 0,8615%.

Die Werte 1,5 : 0,8615 verhalten sich ziemlich genau wie die Molekulargewichte (101 für Kalisalpeter und 58,5 für Kochsalz). Also

$$\frac{1,5}{0,8615} = \frac{101}{58,5}.$$

Isotonische Lösungen sind mithin solche von gleicher Molekülzahl, d. h. die Moleküle der verschiedensten Substanzen ziehen mit derselben Kraft Wasser an. Für alle Substanzen trifft diese Regel indessen nicht zu; das einzelne Rohrzuckermolekül z. B. besitzt zwar theoretisch die gleiche wasseranziehende Kraft wie das einzelne Kalisalpetermolekül, es dissoziiert sich dieses aber in der schwachen Lösung und erscheint dadurch stärker wasseranziehend. Man muß deshalb, damit sich die richtige Proportion ergibt, das Molekulargewicht des Rohrzuckers (= 342) erst mit dem empirisch ermittelten Faktor $\frac{3}{2}$ multiplizieren. Dann gilt die Gleichung $\frac{342 \cdot \frac{3}{2}}{101} = \frac{7,62}{1,5}$. Dieser Faktor heißt der isotonische Koeffizient. Vgl. H. de Vries (1).

Für die den verschiedenen Substanzen entsprechenden Atmosphärendrucke gelten nach W. Pfeffer (1) folgende Zahlen:

1% Rohrzucker	= 0,69	Atm.
1% Traubenzucker	= 1,25	,,
1% Glyzerin	= 2,54	,,
1% Kalisalpeter	= 3,50	,,
1% Kochsalz	= 6,09	,,
1% Gummi arabicum	= 0,085	,,

Wie leicht einzusehen ist, kann mit Hilfe der isotonischen Lösungen in Wirkung auf geeignete Pflanzenzellen das Molekulargewicht bestimmt werden, wie es z. B. für manche Zuckerarten geschehen ist.

Statt Pflanzenzellen hat man auch rote Blutkörperchen zum Studium isosmotischer Lösungen verwendet.

Werden die Zellen von *Tradescantia discolor* sehr stark plasmolysiert, so konzentriert sich der rote Zellsaft mehr und mehr (bis zur Farbe des Rotweins), während der farblose Plasmaschlauch infolge der Kontraktion dicker wird. Er ist dann bei stärkerer Vergrößerung und kräftiger Beleuchtung gut zu sehen.

Eine kurze Erwähnung verdienen noch die Meerespflanzen und die Halophyten des Strandes. Um die Zellen dieser Gewächse zu plasmolysieren, bedarf es natürlich verhältnismäßig hoch konzentrierter Lösungen.

Das Plankton der Flüsse wird beim Eintritt in stark salzige Meere natürlich plasmolysiert und geht, falls sich nicht ein Teil dem Meereswasser anpaßt, zugrunde.

Umgekehrt werden die Zellen vieler Meerespflanzen, wenn man sie in Süßwasser bringt, platzen.

8. Versuch. Beobachtungen an der Zuckerrübe.

Die Zuckerrübe ist eine Form der zur Familie der Chenopodiaceen gehörigen Runkelrübe (*Beta vulgaris* forma *rapa*), welche durch hohen Gehalt an Rohrzucker ausgezeichnet ist, dessen Verteilung nach mittleren Zahlenwerten aus nebenstehender Abbildung ersehen werden kann. Über die Wachstumsgeschichte der Zuckerrübe vergleiche man H. de Vries (2), ferner Knauer-Hollrung (1). Die mittlere Konzentration des Zellsaftes an Zucker beträgt ca. 18% (= ca. 12,5 Atm. Druck), die höchste bisher beobachtete 25% (= 17,25 Atm. Druck). Die chemische Analyse der Zuckerrübe gibt etwa folgende Werte:

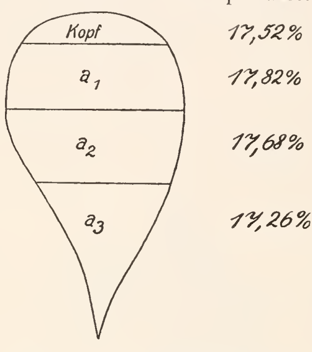


Abb. 11. Verteilung des Zuckers in der Rübe. Der Höchstgehalt findet sich unter dem Kopfteil. Zuckerrübe in der Längsansicht dargestellt. (Nach Proskowetz.)

Cellulose (u. Gummiarten)	4— 6%,
Zucker.	12—18%,
,, ...	selten bis 25%,
Wasser	75—80%,
Nichtzuckerstoffe, mineralisch	0,5%,
,, organisch	0,5— 1%.

Die letztgenannten Stoffe*) bestehen aus:

Eiweiß,	Oxalsäure,
Betain,	Gerbsäure,
Glutamin,	Apfelsäure,
Asparagin,	Weinsäure,
	Zitronensäure.

Die in der Zuckerrübe überhaupt vorkommenden Kohlenhydrate sind nach W. Ruhland (1):

1. Stärke,
2. Raffinose,
3. Rohrzucker,
4. Glukose,
5. Fruktose.

*) Diese wirken in den Abwässern der Zuckerfabriken z. T. als Nährstoffe für *Leptomitus*.

Isotonisch mit den Zellsäften sind ca. 3,5% NaCl bzw. ca. 5% KNO_3, da Kalisalpeter osmotisch zirka fünfmal wirksamer ist als Rohrzucker.

Man wird also zur wirksamen Plasmolyse der Zuckerrübenzellen nicht unter 5% KNO_3 anwenden. In dem Maße, wie diese Lösung unter Passieren der Zellulosehäute in das Gewebe eindringt, zieht sie in entgegengesetzter Richtung das Wasser aus den Zellsäften heraus. Benutzt man 6% KNO_3, so zieht sich der Plasmaschlauch deutlich von der Wand zurück, wie die beistehende Abbildung zeigt.

Für isosmotische Studien ergeben sich die Gleichungen:

$$\frac{KNO_3\%}{NaCl\%} = \frac{6}{3{,}476} = \frac{101}{58{,}5} = \frac{\text{Mol. Gew. d. Salpeters}}{\text{Mol. Gew. d. Kochsalzes}}$$

Die osmotisch Wasser entziehende Kalisalpeterlösung dringt durch die Zellulosehäute der Zellen, aber nicht durch den Plasmaschlauch und dickt den Zellsaft ein, im vorliegenden Fall bis ca. 30%, da Rohrzuckerlösung in dieser Konzentration mit einer 6%igen Kalisalpeterlösung isotonisch ist, so daß mit ca. 30% Rohrzucker gefüllte Plasmaschläuche von 6%iger Kalisalpeterlösung umspült werden. Die den stark konzentrierten Zellsaft umschließenden Plasmakügelchen zeigen unter dem Mikroskop eine etwas erhöhte Lichtbrechung. Sie erscheinen in jeder Zelle wie ein Ei in mehr oder weniger eckigem Karton. Vgl. die Abbildung.

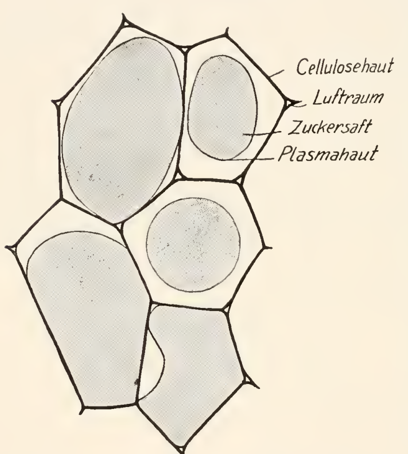


Abb. 12. Zellen aus der Zuckerrübe, plasmolysiert. Man erkennt leicht die mehr oder minder regelmäßige Zurückziehung des den Zuckersaft umschließenden Plasmaschlauches von der Zellwand. Vergr. mittelstark (Orig.)

Man kann auch konzentrierte Lösung von Kalisalpeter verwenden, da diese innerhalb der Beobachtungszeit das Plasma nicht abtötet; es ist möglich, daß dann schon einzelne Kristalle im konzentrierten Zellsaft entstehen; ähnlich pflegen sich auch in einer durch Plasmolyse mehr und mehr konzentrierten Anthocyanlösung Ausscheidungen zu bilden. Legt man Stücke der Zuckerrübe längere Zeit in starken Alkohol, so kann man unter dem Mikroskop die ausgeschiedenen monoklinen Rohrzuckerkristalle wahrnehmen.

Die für die mikroskopische Beobachtung bestimmten Schnitte durch die Zuckerrübe dürfen nicht zu dünn gemacht werden, da die einzelnen

Zellen ziemlich groß sind und durch das Messer nicht verletzt werden dürfen. Für plasmolytische Beobachtungen (auf dem Objektträger) sind noch Schnitte von etwa Linsengröße gut verwendbar, welche mit dem Taschenmesser angefertigt worden sind. Trotz einer gewissen Unregelmäßigkeit der Zuckerrübenzellen liefern Schnitte für mittlere mikroskopische Vergrößerungen ein ziemlich regelmäßiges Bild von zelliger Schaumstruktur der Zuckerrübe, bei durchfallendem sowohl wie auffallendem Licht.

Dadurch, daß man nach eingetretener Plasmolyse wieder vorsichtig Wasser zusetzt, kann man den ursprünglichen Zustand der Zellen von neuem herstellen.

In den Monaten August und September sind die Rüben auf den Feldern schon zuckerreich und doch diffundiert der Zucker bis zur Erntezeit im Oktober trotz hoher Turgorspannung der Zellen nicht in den Boden. Man kann daraus die ausgesprochene Semipermeabilität der Plasmaschläuche, welche durch die Außenhaut der Rübe noch unterstützt wird, ableiten.

Bei dem zur Zuckergewinnung eingeleiteten Diffusionsprozeß werden die Plasmaschläuche durch Erhitzen der Rübenschnitzel abgetötet, worauf der Zucker leicht austreten kann.

Die Zuckerrübe enthält, wie verschiedene andere Chenopodiaceen, z. B. *Chenopodium album*, deutliche Mengen von Nitraten, welche mittels der Diphenylamin-Schwefelsäure-Reaktion leicht nachgewiesen werden können. Sie sind geeignet, die osmotische Saugkraft des Zellsaftes erhöhen zu helfen.

Infolge ihres spezifischen Saftgehaltes erfriert die Zuckerrübe erst bei etwa — 5° C, während die saftärmeren Blattstiele der Pflanze nur etwa — 3° C ertragen.

Bezüglich der Vergärung des Zuckers sei auf die Kapitel Bakterien und Hefen verwiesen.

III. Gruppe. Zucker, Stärke, fettes Öl, Reservezellulose.

Man kann mit gutem Grunde die Behauptung aufstellen, daß die Glukose (Traubenzucker), das Produkt der Kohlenstoffassimilation, für die Pflanzen, speziell die höheren, dieselbe Bedeutung hat, wie das Geld im menschlichen Leben. Aus Glukose verschafft sich die Pflanze mit spielender Leichtigkeit eine große Zahl wichtiger anderer Substanzen, wie Stärke, Rohrzucker, Zellulose*), Eiweiß usw. Die einzelnen Zucker, wie Glukose, Saccharose, Trehalose, Melicitose, Mannose, Xylose, Arabinose

*) Die Zellulose der Rottanne *(Picea excelsa)* liefert den Zellstoffabriken das wichtigste Rohmaterial zur Gewinnung der Zellulose für die Papierfabrikation; vgl. G. Schwalbe (1). — Gute Watte ist Baumwolle, ebenso gutes Filtrierpapier.

und andere mehr ineinander überzuführen, ist im gegebenen Falle für das Protoplasma eine Kleinigkeit.

1. Versuch. Nachweis des Zuckers.

Zum Nachweis des Zuckers können folgende, meist leicht zu beschaffende Objekte dienen:

1. Blätter vom Flieder (*Syringa vulgaris*) (getrocknet und zerkleinert). Das Material kann auch noch im Herbst gesammelt werden. Der Zucker wird zum Versuch in warmem Wasser ausgelaugt.
2. Mohrrüben (*Daucus carota*).
3. Küchenzwiebeln. Diese sind besonders geeignet, da man bei ihnen den Zucker nicht schon durch den Geschmack nachweisen kann. Die Zerkleinerung kann geschehen durch Schaben mit dem Messer, auf dem Reibeisen oder durch Zerkleinern durch die Zitronenreibe. Gelegentlich kommen ziemlich stark sauer reagierende Zwiebeln vor, bei denen der Zuckernachweis etwas schwieriger gelingt*).
   Tulpen- und Hyazinthenzwiebeln (ungekeimt) enthalten Stärke statt Zucker.
4. Kartoffeln, in denjenigen Sorten, welche süß sind. Sonst sind Kartoffeln hauptsächlich Stärkespeicher.
5. Äpfel.
6. Birnen.
7. Pflaumen. An Backpflaumen kann man den Zucker direkt sehen, da er die Außenseite der Frucht als aschenartiger Überzug bedeckt.
8. Kirschen.
9. Weinbeeren und Rosinen.
10. Apfelsinen und Mandarinen. Die gleichzeitig vorhandene Säure pflegt die Reaktion nicht zu stören.
11. Kokosnüsse (*Cocos nucifera*). Sie enthalten Trauben- und Rohrzucker.
12. Zuckerrüben und Runkelrüben. Sie enthalten vorwiegend Rohrzucker.

Der Nachweis des Traubenzuckers geschieht am einfachsten durch Fehlingsche Lösung, deren blaue Farbe sich durch Erhitzen über

*) Junge Oberhautzellen der Zwiebel *(Allium cepa)* eignen sich ausgezeichnet zum Demonstrieren des Zellkerns. Er ist so groß, daß man ihn in den Zellen abgezogener Häute im durchfallenden Licht mit einer 40fach vergrößernden Lupe bereits gut erkennen kann. Junge Epidermiszellen der Zwiebel lassen sich im mikroskopischen Gesichtsfeld besser überblicken als ältere, die wiederum leichter zu präparieren sind. Junge Zellen sind kurz und verhältnismäßig plasmareich, ältere langgestreckt und inhaltsarm.

der Gasflamme oder Petroleumlampe mit der reduzierenden Zuckerlösung in Rot (Kupferoxydul) oder Gelb (Kupferoxydulhydrat) umwandelt.

Der Nachweis kann auch mikrochemisch geschehen. Die Fehlingsche Lösung besteht aus:

1. Kupfersulfat,
2. Kaliumnatriumtartrat (Seignettesalz),
3. Natronlauge

in bestimmten Gewichtsverhältnissen.

Sie kann in zwei Stammlösungen unbegrenzt haltbar aufbewahrt werden, in den Teilen 1. und 2. + 3. Für 2. + 3. muß ein Gummistopfen auf die Flasche gesetzt werden, da ein Glasstopfen festbacken würde.

Beide Stammlösungen werden zu genau gleichen Teilen gemischt, wenn es sich um quantitative Bestimmungen handelt. 10 ccm verbraucht Lösung entsprechen 0,05 g Traubenzucker. Fehlingsche Lösung ist in Apotheken vorrätig und käuflich.

Ein anderes, wichtiges Verfahren, Glukose nachzuweisen, wenn sie in größeren Mengen vorhanden ist, besteht darin, daß man möglichst dicken Saft, z. B. aus der Mohrrübe, im Reagensrohr etwa 20 Minuten lang auf dem Wasserbade mit essigsaurem Phenylhydrazin erhitzt. Es bilden sich dann Kristallbüschel von gelbem, nadelförmigem Glukosazon, deren Form unter dem Mikroskop studiert werden kann.

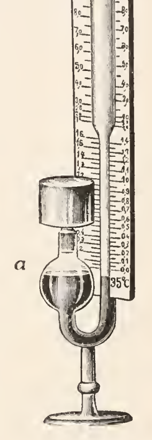


Abb. 13. Lohnsteinsches Saccharometer zur quantitativen Bestimmung von Zucker in Flüssigkeiten.

Zur quantitativen Ermittelung des Zuckers in kleinen Flüssigkeitsmengen bei fast 0%—10% Konzentration (z. B. von ausgepreßten Pflanzensäften, Harn usw.) nach der Gärmethode dient das nebenstehend abgebildete Gärungssaccharometer von Theod. Lohnstein (D. R. G. M. Nr. 119945, Med. Woch. 1900, Nr. 14).

Die zu untersuchende Flüssigkeit wird unter Zusatz lebender Hefe in genau abgemessenem Quantum (z. B. 0,5 ccm) an die Stelle *a* gebracht und der kurze Schenkel dann verschlossen. Die bei der Vergärung des Zuckers bei 20° C oder 35° C entstehende Kohlensäure drückt das Quecksilber im Kugelschenkel herab, wodurch die Säule in dem langen, offenen Schenkel steigt; an den empirischen Skalen, welche für die Gärungstemperaturen 20° bzw. 35° C gelten, kann dann der Prozentgehalt der Flüssigkeit an Zucker direkt abgelesen werden.

Endlich können quantitative Zuckerbestimmungen auch unter Anwendung von Polarisationsapparaten ausgeführt werden, wie es in der Zuckerindustrie geschieht.

Ein sehr lehrreiches Objekt für Zuckernachweis ist die *Cocos*-Nuß. (Man überzeuge sich durch Schütteln, daß sie Milch enthält.) Zuerst bohre man mit Messer oder Schere den Keimporus heraus und lasse die Milch in ein Becherglas laufen. Hierauf kann man durch einige Hammerschläge die Nuß in freier Hand leicht in zwei Hälften zerlegen und das Fleisch für den Versuch entnehmen.

Man erhitze etwa 10 ccm *Cocos*-Milch mit ca. 1 ccm Fehlingscher Lösung bis zum Kochen (unter Vermeidung zu starken Stoßens der Flüssigkeit), wodurch sofort Rotfärbung eintreten wird. Beim ausgewässerten Fleisch der Nuß gelingt diese Reaktion nicht, obgleich es ebenso wie die Milch süß schmeckt. Das Fleisch enthält nämlich Saccharose (Rohrzucker), die auf Fehlingsche Lösung nicht wirkt. Dieses Disaccharid muß erst in zwei reduzierend wirkende, rechts und links drehende Monosaccharide invertiert werden nach der Formel:

$$\underset{\text{Rohrzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Fruchtzucker}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Die Inversion geschieht in der Weise, daß man den aus dem geschabten Fleisch der Nuß unter Zusatz von Wasser extrahierten zuckerhaltigen Saft einige Minuten lang mit einigen Tropfen Salzsäure erhitzt und diese dann durch Soda abstumpft. Hierauf tritt mit Fehlingscher Lösung eine Reaktion ein.

War die *Cocos*-Nuß noch unreif, was verhältnismäßig selten vorkommt, so enthält auch das Fleisch Traubenzucker. Das gleiche ist der Fall, wenn das Fleisch stellenweise verschimmelt ist (durch *Penicillium*), weil Pinselschimmel an den Stellen seiner Entwicklung zur Inversion befähigt ist.

In gleicher Weise muß man invertieren, wenn man den Zuckernachweis in der Zuckerrübe oder Runkelrübe führen will. Rohrzucker ist übrigens ein Körper, der im Pflanzenreich weitverbreitet ist, da die meisten höheren Pflanzen ihn in geringerer Menge enthalten können, wenigstens in einzelnen Organen und in gewissen Vegetationsperioden. So enthält z. B. der im Frühling reichlich auftretende Birkensaft neben koagulierbaren Eiweißsubstanzen auch Rohrzucker.

Bei den Versuchen über den Nachweis des Zuckers hat man gute Gelegenheit, das Phänomen der sogenannten Brownschen Molekularbewegung zu studieren. Es handelt sich dabei um die 1827 von dem englischen Botaniker Brown gemachte Beobachtung, daß kleine, unbelebte Körperchen, welche im Wasser suspendiert sind, sich zitternd und wimmelnd hin und her bewegen, tanzenden Mückenschwärmen vergleichbar. Diese Erscheinung zeigen auch die Körnchen des roten Kupferoxyduls, die im vorliegenden Falle nicht mit kleinen lebenden Organismen durchmischt sein können, da die Flüssigkeit zuvor gekocht werden mußte.

Je kleiner die Körperchen sind, um so lebhafter ist die zitternde Bewegung, je größer sie sind, um so plumper. Die Bewegungen lassen nicht mit der Zeit nach, außer wenn die Körnchen am Glase festhaften. Auch die Aufschwemmungen von chinesischer Tusche zeigen die Erscheinung bei starker Vergrößerung sehr schön, ebenso die Kriställchen in den Endvakuolen (Tanzstübchen) von *Closterium.*

Nach den Untersuchungen der Physiker, die sich dabei zum Teil des Ultramikroskops bedienten, handelt es sich bei diesen Erscheinungen um ganz dieselben Gesetze, welche die molekularkinetische Theorie für die Moleküle in Lösungen annimmt. Mit steigender Temperatur scheint die Bewegung in dem Grade zuzunehmen, wie es die kinetische Gastheorie erwarten läßt. Näheres vgl. man z. B. bei J. Perrin (1).

Das Verhalten der lebenden, beweglichen Bakterien unter dem Mikroskop ist ein wesentlich anderes. Während diese nämlich durch das Gesichtsfeld gehen, bleiben die der Brownschen Bewegung unterliegenden Körper innerhalb eines engen Bezirks, wenn man Strömungen in der Flüssigkeit ausschließt.

Inulin bei Compositen.

In den Knollen der Georgine (*Dahlia variabilis*) und den Wurzeln vieler Compositen findet sich ein der Stärke physiologisch verwandter Körper. Inulin, von der Formel $(C_6H_{10}O_5)_x$, welcher in Alkoholmaterial in Form von farblosen Kugelkristallen ausfällt. Diese Kristalle färben sich durch Jod gelb.

2. Versuch. Bildung von Stärke aus Zucker.

Es ist allgemein bekannt, daß die meisten grünen Pflanzen, wenn sie einige Zeitlang im Dunkeln gestanden haben, frei von Stärke sind, außer wenn es sich um stärkespeichernde Organe handelt. Belichtet man sie wieder, so tritt von neuem Assimilation ein und ein Teil des dadurch produzierten Zuckers wird in Stärke umgewandelt. Benutzt man zu solchen Versuchen *Spirogyra*, so achte man darauf, eine solche Spezies zu wählen, bei welcher das Verschwinden der Stärke im Dunkeln nicht zu lange dauert.

Die Auflösung der Stärke im Dunkeln wird begreiflich, wenn man bedenkt, daß wegen Aufhörens des Assimilationsprozesses im Dunkeln kein neuer Zucker erzeugt wird. Ersetzt man die Assimilation durch künstliche Zufuhr von Zucker, z. B. durch Auflegen stärkefreier Blätter auf mehrprozentige Zuckerlösung (auch Glyzerin kann unter Umständen verwendet werden), so bildet sich Stärke auch im Dunkeln. Bei diesen Versuchen handelt es sich um sogenannte Assimilationsstärke, deren Körner relativ klein sind. Der Nachweis kleiner Stärkemengen geschieht am besten unter dem Mikroskop mit Hilfe von stark konzentrierter Chloralhydratlösung, die quellend wirkt, unter nachträglichem Zusatz von

Jod-Jodkaliumlösung, wodurch Blaufärbung eintritt. Bei größeren Stärkekörnern genügt bloßer Zusatz von Jod-Jodkaliumlösung in nicht zu reichlicher Menge.

Die Reservestärke in den Knollen der Kartoffeln, Tulpen, Hyazinthen usw. ist natürlich auch durch Umwandlung aus Traubenzucker, der als Assimilationsprodukt in den Blättern entstanden und nach den unterirdischen Organen abgeleitet ist, gebildet worden.

Unreife Weizenkörner u. a. m. schmecken noch süß, weil der Zucker in ihren Speicherzellen noch nicht in Stärkemehl umgewandelt ist. Die von gequollenen Gerstenkörnern mitsamt dem Schildchen abpräparierten Embryonen enthalten anfänglich Rohrzucker, nach 3—4 Tagen kleine Stärkekörner und zwar sogenannte transitorische Stärke.

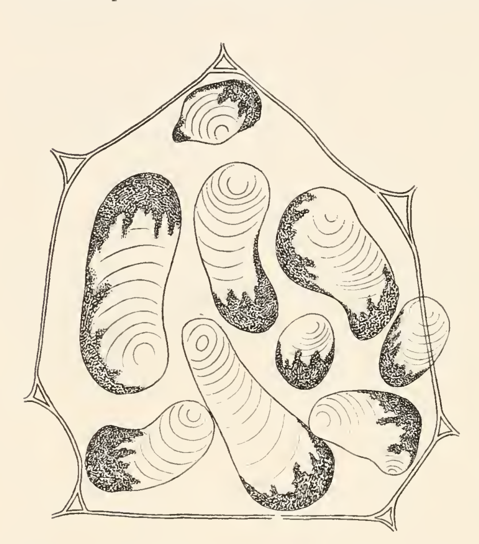


Abb. 14. Stärkekörner mit grünen Stärkebildnern, aus dem Stengel von *Pellionia daveauana*. Vergr. mittelstark. (Orig., gez. nach A. Dodel.)

Jedes Stärkekorn bedarf zu seiner Entstehung eines eigenen Organs, des Stärkebildners, der aber in den meisten Fällen nur schwer zu sehen ist, besonders bei großkörniger Reservestärke.

Ein ausgezeichnetes Objekt zum Studium der Stärkebildner ist nach A. Dodel (1) die Urticacee *Pellionia daveauana*. Die Pflanze stammt aus Cochinchina und wird in den Gewächshäusern der botanischen Gärten gezogen, wo sie während des ganzen Jahres ohne besondere Pflege wuchert. Man fertigt Querschnitte durch die jungen Stengel an und betrachtet bei starker Vergrößerung die peripherischen Zellen. Man erkennt chlorophyllhaltige Kuppen, welche den Stärkekörnern, die durch sie unter Bildung von Schichten durch Apposition gebildet sind, aufsitzen, wie die Abbildung zeigt. Die Stärke körner werden durch Jodlösung violett. Vgl. Florideen.

Man kann die Stengel in Wasser (unter Zusatz von Formalin) im Dunkeln aufbewahren. Zur Herstellung mikroskopischer Dauer-

präparate können die Stengelquerschnitte in Glyzeringelatine*) eingelegt werden.

Sehr geeignet zum Studium der Stärkebildner sind auch die nicht zu alten Scheinknollen der Orchidee *Phajus grandifolius* (käuflich). Ferner werden die Rhizome von *Iris germanica* und *I. pallida* von Strasburger u. Koernicke (1) und A. Meyer (1) empfohlen.

Stärke (von zum Teil knochenförmiger Gestalt) wird auch in Milchsaftschläuchen gebildet (neben Kautschuk, Guttapercha, Harzen, ätherischen Ölen, Alkaloiden, Gerbstoffen usw.).

Beispiele für milchsaftführende Pflanzen finden sich in den Familien der Papaveraceae, Euphorbiaceae, Asclepiadaceae, Compositae usw.

3. Versuch. Beobachtungen an der Kartoffel.

Die Stärkebildner (Leukoplasten) in den Kartoffelknollen sind leider verhältnismäßig klein und deshalb schwer sichtbar zu machen. Sie werden mit Säurefuchsin gefärbt; vgl. die Abbildung nach A. Zimmermann (1).

Der chemische Nachweis der Stärkekörner durch Färbung kann makroskopisch geschehen. Man schneidet die Kartoffel durch oder nimmt

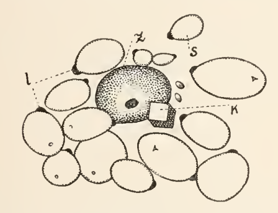


Abb. 15. Stärkebildner in der Knolle der Kartoffel *(Solanum tuberosum)*. Der abgebildete Zellinhalt stammt aus einer Parenchymzelle, welche wenige Schichten von der Korkhülle entfernt war. Fixierung mit Sublimat-Alkohol, Färbung mit Säurefuchsin. *l* Stärkebildner (Leukoplast); *s* Stärkekörner; *k* Eiweißkristall; *z* Zellkern. (Nach A. Zimmermann.)



Abb. 16. Stärkekörner der Kartoffel im polarisierten Licht bei mittelstarker Vergrößerung. (Orig.)

Stücke davon und betupft die Schnittflächen mit wenig Jodtinktur oder Jod-Jodkaliumlösung. Diese färben die Schnittfläche roher Kartoffeln dunkel schwarzblau, diejenigen gekochter, bei denen die Stärkekörner ge-

*)

Gelatine	7 g
Wasser	42 „
Glyzerin	50 „
Karbolsäure . . .	1 „
	100 g

Glyzeringelatine kann käuflich bezogen werden. Man halte sich für jedes Präparat ein Würfelchen davon bereit. Durch zu vieles Hineinstechen in eine kompakte Masse dieses Einbettungsmittels erhält man Luftblasen in den Präparaten.

quollen sind, blau. Die gefärbten Körner auf den Schnittflächen roher Kartoffeln kann man im auffallenden Licht bei schwacher mikroskopischer Beobachtung deutlich sehen. Natürlich kann der Nachweis auch rein mikroskopisch geschehen, wenn man die Schnittflächen auf dem Objektträger unter Zusatz von wenig Wasser abtupft, wobei man die einzelnen Körner beobachten kann. Das Zellgewebe tritt nach dem Verquellen der Körner durch Erwärmen des Objektträgers (über einem brennenden Streichholz oder einer Spiritusflamme) deutlich hervor.

Die achatartige, exzentrische Schichtung der einzelnen Stärkekörner ist nicht bei allen Kartoffelsorten*) gleich deutlich. Die Quellung der Stärkekörner mit allen Übergangsstadien beobachtet man am besten dadurch, daß man den Objektträger mit dem Präparat vor der mikroskopischen Betrachtung der Körner nur an einer Seite erhitzt, oder dadurch, daß man den Vorgang des Quellens unter seinen Augen auf einem heizbaren Objekttisch, den man auch provisorisch herstellen kann, verfolgt **).

Der physikalische Nachweis der Stärke geschieht mit Hilfe des Polarisationsmikroskops. Bei gekreuzten Nikols erscheinen die Stärkekörner, wie die Abbildung zeigt, auf schwarzem Grunde weiß mit dunklem Kreuz. Dieses Kreuz wird bedingt durch die konzentrische Lagerung der doppelbrechenden Micellen zu den Polarisationsebenen. Für die Beobachtung unter dem Polarisationsmikroskop können die Stärkekörner herausgeschabt oder in Schnitten betrachtet werden. Es können Schnitte mit einem scharfen Taschenmesser genügen, wenn man auf die Randpartien einstellt.

Säuren und Speichel wandeln die Stärke in Dextrin und bei weiterem Abbau in Zucker um.

Legt man Schnitte durch die Kartoffel zur Herstellung mikroskopischer Präparate in Glyzerin***) oder Glyzeringelatine ein, so bleiben bei geeignetem Material die Schichten der Körner sichtbar.

4. Versuch. Bildung von Zucker aus Stärke.

Die Umwandlung der Stärke in Zucker bedeutet eine Molekülverkleinerung; es handelt sich aber weniger um einen Abbau- als um einen Umbildungsprozeß unter Anlagerung von Wasser (Hydrolyse).

---

*) Prüft man mehrere Kartoffelsorten durch, so fertige man auch durch die peripherischen Parenchymschichten Schnitte an, um in geeigneten Knollen würfelförmige Eiweißkristalloide (vgl. die obenstehende Figur und die Abbildung bei *Ricinus*) beobachten zu können.

**) Um trockene Stärke am Aufquellen zu verhindern, bedarf es nach Rodewald-Kiel eines Druckes von 2523 Atm.

***) Glyzerin . . . . . . 75 ccm
Wasser . . . . . . 25 „
Alkohol . . . . . . einige Tropfen.

Abschließender Rand durch Goldsize, venetianisches Terpentin oder Kanadabalsam.

1. $(C_6H_{10}O_5)_x$ (Stärke) wird zu $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Maltose) durch Diastase, (intermediär können Dextrine entstehen).
2. $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Maltose) wird zu $C_6H_{12}O_6$ (Traubenzucker) durch Maltase.

Vgl. v. Lippmann (1), O. Emmerling (1), Jos. Klein (1) u. a. m.

Die hierbei wirksamen Fermente finden sich reichlich im Malzkorn, d. h. in Gerste, die in bestimmter Weise gekeimt hat und wieder getocknet ist. Man kann zu den Versuchen auch gequollene und eventuell wieder getrocknete Körner benutzen, ja selbst im ungequollenen Korn können sich geringe Mengen von Fermenten finden. Der Hauptsitz der Diastase ist das Schildchen, mit welchem der Gerstenembryo dem Mehlkörper anliegt.

a) Man bereite unter Erwärmen eine sogenannte Lösung von gewöhnlicher oder käuflicher löslicher Stärke und überzeuge sich an einer kleinen Probe, daß diese Lösung, richtiger gesagt Pseudolösung, sich nach Jodzusatz deutlich blau färbt. Hierauf füge man 10% Gelatine hinzu und gieße das Ganze in dünner Schicht in ein Petrischälchen aus. (Vgl. den Abschnitt über Bakteriologie.) Dann schneide man ein Malzkorn in einige Quer- oder Längsscheiben und lege von diesen vier bis sechs auf die inzwischen erstarrte Gelatineschicht.

Die Schale bzw. Schalen stelle man unter eine Glasglocke und füge ein kleines Gefäß mit Chloroform bei, dessen Dämpfe sterilisierend wirken und dadurch die Entwicklung von Bakterien verhindern, während die Wirksamkeit der Diastase, welche aus den Schnitten in die Gelatine diffundiert, nicht beeinträchtigt wird. Nach Verlauf einiger Tage überschichte man die Gelatine mit Jodlösung. Man wird dann leicht erkennen, daß jedes Malzkornstück von einem großen hellen Hof umgeben ist, während die übrigen Teile der Platte sich blau färben. In der Umgebung der Malzkornstücke ist eben die Stärke in Zucker verwandelt worden, weshalb hier die Blaufärbung ausbleibt. Bisweilen bildet sich außer dem hellen Hof noch ein mit Jod sich gelb färbender Ring, welcher daher rührt, daß hier die Stärke erst bis zum Dextrin abgebaut ist (Methode nach W. Beijerinck). Man kann den Versuch auch unter Verwendung von keimenden Schimmelpilzsporen statt der Malzkornschnitte wiederholen.

b) Man zermahle Malzkörner in einer Kaffeemühle und übergieße das Pulver mit so viel Leitungswasser, daß ein nicht zu dicker Brei entsteht. Nach tüchtigem Durchschütteln wird abfiltriert und das die Diastase enthaltende Filtrat zu möglichst dünner, aber sich mit Jod noch deutlich bläuender Stärkelösung gesetzt. Nach 5—10 Minuten Einwirkung tritt nach Jodzusatz wegen Bildung von Erythrodextrin statt der Blau- eine Braunfärbung ein. Hier sei auch erwähnt, daß mit Speichel durchfeuchtetes Mehl sich nach einiger Zeit teilweise in Traubenzucker umwandelt.

c) Man ziehe etwa 1—10 cm hohe Keimpflanzen vom Weizen (*Triticum vulgare*) oder von der Gerste (*Hordeum vulgare*) in Erde, Sägespänen, zwischen Watte oder zwischen Fließpapier. Die gekeimten Körner riechen wegen Bildung von Dextrin nach Gurke. Sie enthalten eine milchige Flüssigkeit, die sich leicht zwischen zwei Fingern auspressen läßt; man kann sie auch ohne Wasserzusatz nach dem Ausdrücken direkt unter dem Mikroskop betrachten. Man sieht in ein und demselben Gesichtsfeld alle Stadien des Angriffs durch Diastase: angefressene, halbkorrodierte und fast zerfallene Stärkekörner (vgl. die Abbildung). Was durch die Fermente gelöst worden ist, ist zu Dextrin oder Zucker geworden. Die korrodierten Körner ähneln, wie die Abbildung zeigt, Erbsen, welche durch Käfer angefressen sind. Im ungekeimten Korn findet sich natürlich keine korrodierte Stärke.



Abb. 17. Korrodierte Stärkekörner aus dem gekeimten Gerstenkorn. *1*, *2*, *3*, *4* aufeinanderfolgende Stadien der durch Diastase erfolgenden Auflösung, wie sie sich nebeneinander vorfinden. (Nach F. Noll.)

Es empfiehlt sich, nicht zu hohe Keimpflanzen zum Versuch zu wählen, weil sich allmählich Bakterien zwischen die Stärkekörner mischen und dadurch unter Umständen das Bild reiner Diastasewirkung verwischen können.

Zu den Untersuchungen kann auch Alkoholmaterial verwendet werden.

d) Die Kotyledonen der Erbse sind voll von Stärke; ist dagegen erst eine etwa spannehohe Keimpflanze herangewachsen, so ist der Stärkegehalt nur noch gering oder gleich Null. Auch das spezifische Gewicht wird geringer, wovon man sich durch Hineinwerfen der Kotyledonen in Wasser überzeugen kann.

Ungekeimte Zwiebeln der Hyazinthe und Tulpe enthalten Unmassen von Stärke, deren Menge mit dem Erscheinen der Blätter abnimmt, um nach dem Entfalten der Blüten ganz oder fast ganz zu verschwinden. Die Stärkekörner sind also in Zucker umgewandelt und dieser ist zum Aufbau der Pflanzen verwendet worden. Der Umstand, daß ein Teil des Zuckers veratmet worden ist, soll hier unberücksichtigt bleiben.

5. Versuch. Umwandlung der Reservezellulose.

Die Reservezellulose wird nicht so wesentlich durch die chemische Natur als durch die leichte Löslichkeit bei Einwirkung verschiedener Agentien gekennzeichnet. Man hat sie deshalb auch passend als Hemizellulose bezeichnet.

Querschnitte durch die Kotyledonen von *Tropaeolum maius*, der Kapuzinerkresse, zeigen, daß die Zellwände ziemlich dick sind und sich nach bloßem Zusatz von Jodlösung blau färben. Solche Zellulose hat man auch als Amyloid bezeichnet. Derartige Querschnitte eignen sich zu Dauerpräparaten.

Auch die Samen von *Phoenix*, *Phytelephas* (bildet Mannose), *Allium*, *Coffea* und vielen anderen besitzen Reservezellulose, die sich aber durchaus nicht in allen Fällen nach Zusatz von Jodlösung blau färbt. Die hauptsächlichste Eigenschaft der Reservezellulose bleibt, wie gesagt, ihre leichte Löslichkeit.

Nach dem Auskeimen der Samen von *Tropaeolum* wird man beobachten, daß die Zellen nur noch dünne Wände aufweisen, welche sich durch Jodlösung nicht mehr blau färben; der größte Teil der Wand ist verzuckert und zum Aufbau des Keimlings verwendet worden.

6. Versuch. Physiologie der Keimung von *Ricinus*.

Was uns hier in Verfolg unserer Disposition bei *Ricinus* an erster Stelle interessiert, ist das physiologische Verhalten seines Fettes bei der Keimung. Durch den hohen Ölgehalt seines Samens (70%) unterscheidet sich seine Keimungsgeschichte wesentlich von derjenigen der Gerste, Erbse usw. Den Samen von *Ricinus* könnte man einen tierischen Samen nennen, denn er speichert Fett und Eiweiß wie die Tiere, besonders die höheren (z. B. im Hühnerei), bei denen Zucker- oder Stärkespeicherung wohl kaum vorkommt.

Legt man einen trockenen Samen von *Ricinus* (das Material ist in jeder Samenhandlung käuflich) auf ein Drahtnetz und hält ihn solange in die Bunsenflamme, bis er brennt, so wird man leicht beobachten, daß er nun von selbst weiter brennt; oft schießen förmliche Flammenzungen unter starker Rußentwicklung hervor, und an manchen Stellen quillt das siedende Öl heraus. Stärkehaltige Samen und reines Mehl, wenn man sie auf Platinblech oder auf einem Glimmerblättchen erhitzt, entwickeln bei gleicher Behandlung ruhig brennende, nicht rußende Flammen.

Man kann das Öl auch mit Alkohol extrahieren, denn Rizinusöl gehört zu den wenigen in Alkohol löslichen Ölen.

Beim Zerreiben zwischen den Fingern fühlt sich das Nährgewebe fettig an.

Schnitte durch den trockenen Samen oder Stücke davon lege man auf einen Objektträger und setze konzentrierte Chloralhydratlösung hinzu; dann wird man das Öl seitlich in Menge hervortreten sehen. Wie bereits bemerkt, löst es sich bei Zusatz von Alkohol auf.

Die Asche eines auf dem Drahtnetz verbrannten Samens benutzen wir, um in ihr Phosphor nachzuweisen. Der Same wird in der Reibschale mit etwas Salpetersäure verrieben, diese dann abfiltriert und nach Zusatz

von Ammoniummolybdat etwas erwärmt. Es fällt ein reichlicher, gelber Niederschlag von molybdänphosphorsaurem Ammon. Phosphor ist gewöhnlich ein Bestandteil der Reservematerial speichernden Samen, läßt sich bei *Ricinus* dazu noch um so mehr vermuten, als die bekannten Globoide seines Endosperms (s. die Abbildung) phosphorhaltig sind. Würfelförmige Eiweißkristalloide sind im Kap. Kartoffel erwähnt.

Zum Keimen legt man die Samen ungequollen in feuchte lockere Sägespäne. Dieses Keimbett genügt, da man höchstens fingerhohe Keimpflanzen für die vorliegenden Versuche erzielen will. (Vgl. die Abbildung). Es vergehen oft gegen 3 Wochen, bis die Pflänzchen hervorbrechen.

Beim Keimen kommt, wie gewöhnlich, zuerst die Wurzel aus dem Samen hervor. Hat sie mit dem Hypokotyl eine Länge von 6—8 cm erreicht, so trenne man das Ganze an der Basis ab, zerhacke es, bringe es mit etwas Wasser in ein Reagensglas und koche es gelinde aus. Die Fehlingsche Probe wird reichliche Mengen von Zucker anzeigen. Ähnliches ist bei den ölhaltigen Samen des Kürbis (*Cucurbita pepo*) und denen der Küchenzwiebel (*Allium cepa*) zu beobachten. Dieser Zucker ist aus dem fetten Öl entstanden. Stärke ist, wie bereits betont, im ungekeimten Samen

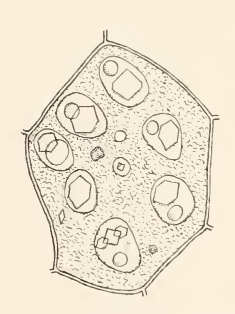


Abb. 18. Zelle aus dem Nährgewebe (Endosperm) von *Ricinus communis*. Die sieben großen Aleuronkörner enthalten Eiweißkristalle und phosphorhaltige Globoide. (Nach E. Strasburger.)



Abb. 19. Keimpflanze von *Ricinus communis*. Nat. Gr. (Nach W. Detmer.)

von *Ricinus* niemals vorhanden, ebensowenig natürlich Zucker, deshalb bleibt auch die Fehlingsche Probe mit ungekeimten Samen resultatlos.

Man könnte die Süßigkeit in der jungen Wurzel vielleicht schmecken, wenn nicht gleichzeitig Bitterstoffe vorhanden wären. Während die Wurzel auf etwa Fingerlänge auswächst, fällt der Ölgehalt im Samen, bezogen auf Trockensubstanz, von 70% auf 6%, während der Zuckergehalt von 0% auf 32% in der Pflanze steigt [vgl. Leclerc du Sablon(1)].

Die beiden Kotyledonen der gekeimten Samen bleiben einstweilen noch im Endosperm stecken (vgl. die Abbildung) und nehmen aus diesem das Öl auf. Sie besitzen noch keine Spaltöffnungen. Die Oberhaut ist, entsprechend ihrer Funktion als Aufnahmeorgan, sehr zart. Demzufolge vertrocknen die Kotyledonen in 10—15 Minuten, wenn man sie heraustrennt und frei liegen läßt.

Der aus dem Öl entstandene Zucker kann sich in der Pflanze teilweise zu transitorischer Stärke umwandeln. Wir finden solche sehr reichlich im Hypokotyl, besonders in der sogenannten Stärkescheide, wo die Stärkeauch mit Jodlösung, am besten nach vorheriger Quellung durch Chloralhydrat, leicht nachzuweisen ist.

Mit dem Öl nimmt auch das gespeicherte Eiweiß, welches in großer Menge in Form von Aleuronkörnern vorhanden ist, beim Keimprozeß im Samen ab.

Das Vorhandensein von Eiweiß läßt sich durch zwei einfache chemische Reaktionen leicht nachweisen. Mit Millons Reagens*), das man ohne Zusatz von Wasser einwirken läßt, werden Schnitte durch den trockenen Samen, die dick sein können, oder Stücke davon in der Kälte langsam, in der Wärme schnell ziegelrot, zerriebene Partien mit Fehlingscher oder ähnlich zusammengesetzter Lösung violett (Biuret-Reaktion).

Eine dritte Reaktion ist die Xanthoproteïn-Reaktion, bei der durch konzentrierte Salpetersäure und nachfolgenden Zusatz von Ammoniak orangerote Färbung eintritt.

Ist die Wurzel erst etwa fingerlang, dann sind die Aleuronkörner aus dem Endosperm verschwunden, wenigstens an den Stellen, wo dieses etwas wässerig erscheint; zuletzt enthält das Endosperm, da es ausgesogen wird, weder Öl noch Aleuronkörner.

Durch welche Mittel diese Körner bei der Keimung der Samen von *Ricinus* gelöst werden, ist noch unbekannt. Man könnte an Pepsin, das Magenferment, oder an Trypsin, das Ferment der Bauchspeicheldrüse, denken. Beide sind im Rizinussamen bisher aber nicht nachgewiesen worden.

Dabei ist zu bemerken, daß Pepsin (als Pulver käuflich) im Innern von Geweben kaum vorkommt, weil es einer zu großen Menge von Säure

---

*) Eine Lösung von Quecksilbernitrat, welche freie Salpetersäure und salpetrige Säure enthält.

(⅓% Salzsäure) bedarf, um wirken zu können. (Die käufliche konzentrierte Salzsäure hat meist ein spezifisches Gewicht von 1,124, enthält also etwa 25% HCl [vgl. W. Behrens (1)]. Wo Pepsin im Pflanzenreich beobachtet ist, wird es nach außen abgeschieden, z. B. beim Sonnentau (*Drosera*) und der Kannenpflanze (*Nepenthes*). Das Trypsin (enthalten in dem in den Apotheken käuflichen Pankreatin) wirkt am besten in alkalischer Lösung (0,5—1,5% Soda). Es findet sich sehr häufig bei Hefen und Bakterien und verflüssigt, wie das Pepsin, die Gelatine; vgl. P. Lindner (1) und W. Pfeffer (1), S. 511.

Wie Diastase auf Stärke, so wirkt also Pepsin oder Trypsin auf Eiweiß.

Die Vorgänge beim Transport des Öles in der keimenden Pflanze beanspruchen ganz besonderes Interesse. Es ist hinlänglich bekannt, daß die meisten Öle aus Glyzerin und Fettsäure bestehen. Sie können in diese beiden Komponenten leicht zerspalten werden; man spricht dann von Ranzigwerden des Öles. Im tierischen Körper besorgt ein Ferment des Pankreassaftes diese Spaltung, im Pflanzenreich sind solche fettspaltenden Fermente außer bei *Ricinus* u. a. m. noch bei Bakterien beobachtet worden; vgl. W. Benecke (1), C. Flügge (1), R. H. Schmidt (1) und W. Pfeffer (1), S. 510.

Alles Öl, welches als solches wandern soll, muß vorher fein zu Tröpfchen zerteilt (emulgiert) werden. Dieser höchst lehrreiche Emulsionsprozeß ist ohne Fettzerspaltung und gleichzeitige Alkaleszenz nicht möglich. Er vollzieht sich folgendermaßen: Zunächst wird durch ein Ferment oder durch die Tätigkeit des Plasmas ein Teil des Fettes in Glyzerin und Fettsäure zerspalten. Das Glyzerin ist für unsere Betrachtungen unwesentlich, die Fettsäure aber sehr wichtig, denn sie verbindet sich mit dem Alkalikörper (der sich z. B. im Plasma befinden kann) zu einem Salz (Seife). Dieses bewirkt infolge der veränderten Oberflächenspannung ein Auflösen der Fettmasse in kleine Kügelchen, deren jede von einer feinen Seifenmembran umgeben ist.

Um diesen Prozeß zu demonstrieren, verfahre man folgendermaßen: Man vermische Rizinusöl, um es ranzig zu machen, mit nicht zu wenig käuflicher, gewöhnlicher Ölsäure und bringe davon einen Tropfen auf den Objektträger; daneben trage man eine kleine Menge ca. ⅓%iger Sodalösung auf und bringe beide Flüssigkeiten zur Berührung. Betrachtet man dann die Berührungszone unter dem Mikroskop, ohne ein Deckgläschen aufzulegen, so wird man in günstigen Präparaten sehr schön das Abschnüren der feinen Öltröpfchen wahrnehmen und somit den Emulsionsprozeß in anschaulicher Weise sich in seinen Feinheiten direkt abspielen sehen. Durch das Hinzufügen freier Ölsäure ist die Tätigkeit des ölspaltenden Fermentes ersetzt worden; mit nicht ranzig gemachtem Rizinusöl würde der Versuch mißglücken.

Ob nun in der Pflanze die feinen Öltröpfchen als solche von Zelle zu Zelle wandern oder in ihre Komponenten zerlegt und dann wieder rekon-

struiert werden, ist ungewiß. Sicher ist aber, daß das Öl ziemlich schnell von Zelle zu Zelle befördert wird [vgl. W. Pfeffer (1), S. 85]. Von den nackten Plasmodien der Myxomyceten wird Öl leicht aufgenommen.

Um das Wandern des Öles in der Pflanze zu demonstrieren, mache man an einer an sich ölfreien Keimpflanze einen Einschnitt und ziehe nach R. H. Schmidt einen mit Mandelöl getränkten Streifen Fließpapier hindurch. Nach einigen Tagen kann man dann massenhaft Öl in den Zellen mittels Osmiumsäure, besonders beim Erwärmen, nachweisen.

Glyzerin konnte beim Wandern der Fette in den Pflanzen bisher nicht nachgewiesen werden, wohl aber freie Säure. Offenbar wird das Glyzerin zur Bildung von Zucker verbraucht. Beim Faulen ölhaltiger Substanzen scheinen die Verhältnisse ähnlich zu liegen.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß das Rizinusöl an sich für Menschen und Tiere nicht giftig ist, wohl aber das darin enthaltene Toxalbumin Ricin, von dem schon winzige Spuren ein Meerschweinchen töten können.

Bezüglich Spezialliteratur sei verwiesen auf: Jul. Sachs (2 u. 3), van Tieghem (1) und M. E. Mesnard (1).

IV. Gruppe. Eiweiß.

In den Pflanzen finden sich gelöste und ungelöste Eiweißsubstanzen. Zu den letztgenannten gehören teils tote Zellbestandteile (z. B. Eiweißkristalloide), teils lebende (Protoplasma).

1. Versuch. Gelöstes bzw. pseudogelöstes Eiweiß.

Man zerreibe auf einem Reibeisen rohe Kartoffeln und filtriere den Saft klar ab. Beim Erhitzen koaguliert reichlich darin enthaltenes Eiweiß (Rotfärbung mit Millons Reagens).

2. Versuch. Ungelöstes Eiweiß.

Kotyledonen ungekeimter Erbsen färben sich, hauptsächlich wegen ihres reichlichen Gehaltes an Aleuronkörnern, auch ohne Erhitzen intensiv rot mit Millons Reagens. Während des Austreibens der Keimpflanzen nimmt, wie die Reaktion lehrt, der Eiweißgehalt der Kotyledonen mehr und mehr ab. Neben der Millonschen Probe kann man auch die Xanthoproteïn-Reaktion anwenden (vgl. S. 39).

3. Versuch. Reaktion des Eiweißes.

Eiweiß an sich dürfte im allgemeinen neutral reagieren, doch sind ihm häufig gelöste Salze beigemischt, welche Alkaleszenz verursachen; auch das Plasmodium der Schleimpilze reagiert, soweit bekannt, alkalisch. In den Blüten vieler Borraginaceae steht das Protoplasma mit saurem roten oder alkalischem blauen Zellsaft in Berührung.

Zu Versuchen werde das leicht zu beschaffende Hühnereiweiß verwendet. Dieses reagiert auf Lakmus alkalisch. Wird das Hühnereiweiß in einem Pergamentpapierschlauch unter der Wasserleitung 24 Stunden lang dialysiert, so diffundieren die alkalischen Salze heraus, das zurückbleibende Eiweiß reagiert neutral und seine Koagulation tritt bei etwas niedrigerer Temperatur ein.

Trockene Samen der weißen Bohne geben schwache amphotere Reaktion, wenn man sie quer durchschneidet und auf feuchtes Lakmuspapier legt. Diese Reaktion wird wie in der Milch offenbar durch Phosphorsalze bedingt.

4. Versuch. Die Synthese des Eiweißes.

Man kultiviere höhere grüne Pflanzen, z. B. Mais (*Zea mays*) oder Buchweizen (*Polygonum fagopyrum*), in Knopscher Nährlösung:

Wasser, destilliert (oder aus der Leitung). . .	1 l
Kalziumnitrat	1,0 g
Monokaliumphosphat	0,25 g
Kaliumnitrat.	0,25 g
Kaliumchlorid	0,25 g
Magnesiumsulfat	0,25 g
Eisenchlorid	einige Tropfen

[vgl. auch Detmer (1).]

Bei diesen Versuchen wird als Stickstoffquelle Nitrat geboten, während der Zucker von den Pflanzen selbst durch Lufternährung synthetisch hergestellt wird. Es wird demnach folgende Synthese vollführt:

Nitrate + Glukose = Eiweiß.

Ähnliche Versuche lassen sich mit Hefen und Schimmelpilzen anstellen, worüber in den einschlägigen Kapiteln nachgelesen werden mag. Synthetisiert werden durch diese zu Eiweiß:

1. Weinsaures Ammon + Glukose.
2. Doppeltphosphorsaures Ammon + Glukose.
3. Salpetersaures Ammon + Rohrzucker.
4. Asparagin + Rohrzucker.

Eine Synthese des Eiweißes durch Asparagin + Zucker kann auch bei höheren Pflanzen stattfinden, z. B. bei *Lupinus*.

Um das Asparagin zum Auskristallisieren zu bringen, lege man etwa fingerlange Keimpflanzen von *Lupinus albus* in starken Alkohol. Nach längerer Zeit findet man dann die Kristalle auf der Oberfläche der hypokotylen Glieder in Form von niedrigen Prismen, die man in der Regel unter dem Mikroskop rollen muß, um die rhombischen Flächen zu sehen. Bezüglich der Reaktionen auf Asparagin sei verwiesen auf A. Zimmermann (1).

Rhombische Tafeln erhält man bisweilen, wenn man käufliches Asparagin im Reagenzrohr mit wenig Wasser löst und durch starken Alkohol wieder fällt. Die Bildung der Kristalle wird durch Reiben mit einem Glasstabe an der Wand begünstigt.

Die Synthesen des Eiweißes sind (unmittelbar) vom Licht unabhängig.

Höchst bemerkenswert sind die Eiweißsynthesen aus NH_3, CO_2 und H_2O durch Salpeter- und wohl auch Schwefelbakterien, von denen später noch die Rede sein wird, und die bakteriellen Prozesse, durch welche die Eiweißmoleküle wieder in ihre einfachsten, anorganischen Bestandteile zertrümmert werden. Übrigens pflegt auch im Stoffwechsel der höheren Pflanzen neben der Bildung von Eiweiß auch eine fortgesetzte weitgehende Zerstückelung der Eiweißmoleküle vorzukommen.

V. Gruppe. Atmung.

Die Atmung ist ein Abbauprozeß, durch welchen bei den Pflanzen sowohl wie den Tieren zur Gewinnung von Betriebskraft organische Stoffe oxydiert (verbrannt) werden. Bei manchen Bakterien ist auch eine Oxydation anorganischer Verbindungen (mineralische Atmung) an Stelle der gewöhnlichen Atmung festgestellt worden.

Die normale Atmung der höheren Pflanzen ist ein der Kohlenstoffassimilation entgegengesetzter Prozeß. Sie verläuft nach der Formel:

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = 6\,CO_2 + 6\,H_2O.$$

Über den Prozeß der Gärung vgl. man den zweiten Teil des Buches.

Die Atmung findet bei Pflanzen wie bei Tieren Tag und Nacht statt, in chlorophyllführenden Organen der Pflanzen wird sie aber im Licht durch die Assimilation, die starke Sauerstoffproduktion bedingt, verdeckt.

Fänden beide Prozesse bei chlorophyllhaltigen Gewächsen mit gleicher Intensität statt, würden sie sich gerade aufheben. Da aber am Tage die Assimilation meist weit überwiegt, was der Assimilationsversuch mit Indigo beweist, so wird Stärke und Zucker erzeugt. In der Nacht wird dann der am Tage gebildete Zucker teilweise wieder abgebaut.

Nur die grünen belichteten Pflanzenteile assimilieren unter Sauerstoffabscheidung, während alle lebenden pflanzlichen sowohl wie tierischen Organe atmen. Deshalb wählt man zum Nachweis der Atmung mit Vorliebe nichtassimilierende, d. h. nicht grüne Objekte, also Samen, Blüten, Wurzeln oder dergleichen.

1. Versuch. Nachweis der Kohlensäureausscheidung.

Ein längliches Zylinderglas mit Glasdeckel wird auf etwa ein Drittel bis ein Halb mit gequollenen Gerstenkörnern (*Hordeum*), Kleesamen (*Trifolium*), Rübsen (*Brassica*), Keimpflanzen von *Lupinus*, Keimpflanzen der Gerste oder des Weizens, wie sie bei den Beobachtungen über korrodierte Stärke abfallen, *Elodea*-Stengeln, kräftigen Rübenblättern oder dergleichen angefüllt, verschlossen und ins Dunkle gesetzt. Nach etwa einem Tage hat sich das Gefäß infolge starker Atmung des Pflanzenmaterials reichlich mit

Kohlensäure gefüllt. Man setze 2—3 Versuchsgefäße an. Hält man ein brennendes Streichholz (Pinzette!) hinein, so erlischt dieses sogleich.

Weiter fülle man ein kleines Becherglas etwa 1 cm hoch mit konzentrierter Barytlauge, die man in einer Flasche von ½—1 l Inhalt vorrätig halten kann. (Zur Vermeidung des Festsetzens des Stöpsels klemme man einen Streifen Fließpapier ein oder bestreiche den Stöpsel mit Vaseline; Kristalle am Boden!) Gießt man nun die schwere Kohlensäure in das Becherglas über, so tritt sogleich eine starke, weißlich-trübe Verfärbung der Lauge infolge Bildung von Baryumkarbonat ein, wodurch die reichliche Bildung von Kohlensäure chemisch nachgewiesen ist,.

An dieser Stelle seien einige lehrreiche Experimente erwähnt, die an dem vertieften Vorraum der Dunsthöhle des Bades Pyrmont, welche Kohlensäure enthält, gezeigt werden.

1. Steigt man einige Stufen herab, so stellt sich das Gefühl des Erstickens ein.
2. Seifenblasen bleiben längere Zeit an der Berührungsstelle zwischen Kohlensäure und Luft freischwebend stehen.
3. Ein glimmendes Strohbüschel erlischt, wenn man es in die Kohlensäureschicht eintaucht.

Bei ungekeimten, trockenen Samen (z. B. der Gerste) ist die Atmung äußerst gering, so daß sie kein leicht nachweisbares Quantum Kohlensäure ausscheiden; 1 kg lufttrockener Körner produziert in 24 Stunden 1,5 mg Kohlensäure. [Versuchsordnung s. bei R. Kolkwitz (2).] Bei Veratmung von Zucker ist das Volumen verbrauchten Sauerstoffes gleich dem der produzierten Kohlensäure, so daß in dem Versuchsgefäß kein Überdruck entsteht.

Bei Mangel an Sauerstoff tritt keine Keimung ein, da dem Samen dann die zum Wachsen nötige Betriebskraft fehlt; er erstickt. Den Beweis hierfür erbringt man dadurch, daß man Samen in dünner Wasserschicht mit Paraffinöl oder dergl. überschichtet.

2. Versuch. Nachweis des Sauerstoffverbrauches.

Aus den Versuchen der ersten Gruppe hatten wir ersehen, daß eine entfärbte Lösung von Indigokarmin durch assimilierende Pflanzen infolge von Sauerstofferzeugung seitens der grünen Organe blau wird. Da die Atmung den genau umgekehrten Prozeß der Assimilation darstellt, so wird bei Dunkelversuchen die blaue Flüssigkeit infolge des Sauerstoffverbrauches farblos.

Man fülle in eine etwa 100 ccm fassende Flasche bis oben hin eine schwach blaue Indigokarminlösung oder Methylenblaulösung, bringe lebhaft atmende grüne Pflanzenteile, Keimpflanzen oder gequollene Samen hinein, verschließe dicht und stelle die Flasche ins Dunkle. Je nach der Intensität des Sauerstoffverbrauches wird die Flüssigkeit nach kürzerer oder längerer Zeit entfärbt. Gießt man solche entfärbte Lösung in eine Porzellanschale,

so färbt sie sich infolge des Luftzutrittes sogleich wieder blau. Die Farbstoffe werden in ihre Leukoverbindungen umgewandelt, sobald der im Wasser gelöste freie Sauerstoff verbraucht ist.

Methylenblau wird auch von Chemikern zum Nachweis der Sauerstoffzehrung im Wasser benutzt.

3. Versuch. Intramolekulare Atmung.

Bei Mangel an Sauerstoff bleiben höhere Pflanzen auch im Dunkeln noch eine Zeitlang am Leben (keimen aber nicht) und atmen dann intramolekular, d. h. sie nehmen, theoretisch gesprochen, den zur Atmung nötigen Sauerstoff aus Verbindungen und spalten Kohlensäure ab, ähnlich als ob sie normal atmeten.

Füllt man ein (wie für die normalen Atmungsversuche verwendetes) Gefäß fast bis oben mit gequollenen Samen, mit Blüten, Blättern oder dergleichen und verschließt es, so entsteht bald ein Überdruck, da nach Verbrauch des noch vorhandenen Sauerstoffs Kohlensäure nach wie vor produziert wird und natürlich zu einer Volumen- bzw. Druckvergrößerung führt.

Bei der intramolekularen Atmung wird neben Kohlensäure auch etwas Alkohol gebildet.

Über Gärung und anaerobes Wachstum s. spätere Kapitel.

4. Versuch. Wärmebildung bei der Atmung.

Da die Atmung ein der Verbrennung vergleichbarer Prozeß ist, führt sie zur Wärmebildung. Experimentell verfährt man in der Weise, daß man einen großen Trichter mit reichlichen Mengen keimender Samen (z. B. Gerste oder Weizen) anfüllt und in die Masse ein Thermometer steckt. Dieses wird eine Temperaturerhöhung um einige Grade anzeigen, welche nicht das Produkt von Quellungswärme der Stärke ist, sondern durch intensive Atmung bedingt wird. Ein geringer Teil der Temperaturerhöhung kann unter Umständen auch durch die Wirksamkeit etwa reichlich vorhandener Bakterienmengen bedingt sein. Bedeutende Temperaturerhöhung entsteht in dem Blütenstand von *Arum maculatum**) u. a. m., wenn bei der Blütenreife die Stärkemassen in der Keule verarbeitet werden; vgl. E. Leick (1 u. 2).

Die Blüten von *Soldanella* bilden so viel Wärme, daß sie Eis schmelzen und dieses durchdringen können, wie die umstehende Abbildung zeigt.

Ähnliches kann man beobachten, wenn man auf eine sich entfaltende Blattknospe ein Stückchen Eis legt. Dieses schmilzt, auch wenn die umgebende Luft eine Temperatur von — 1° C besitzt.

Abgesehen von besonderen Beispielen ist aber das thermische Verhalten des Pflanzenkörpers, verglichen mit der seitens des Körpers höherer Tiere erzeugten Wärme, wenig bemerkenswert. Infolge von Verdunstung kann sich eine Pflanze sogar kühl anfühlen.

---

*) Findet sich in der Sammlung Brendelscher Modelle.

Bezüglich thermischer Erwägungen über den Atmungsprozeß sei bemerkt, daß es sich nach den Studien von W. Palladin bei der aeroben Atmung um einen kompliziert verlaufenden Oxydationsprozeß handelt, in dessen Phasen Wasserstoff und Atmungspigmente eine Rolle spielen sollen. Die anaerobe Atmung und die Gärung scheinen gleichsam nur Ausschnitte aus diesem komplizierten Prozeß zu sein.



Abb. 20. Blüten der Primulacee *Soldanella pusilla*, welche mittels Atmungswärme eine Eisdecke durchschmolzen haben. Von der Pastura di Lagalb beim Berninahospiz, bei 2500 m am 2. August 1910 aufgenommen. Bei den Blüten an der linken Seite ist das Eis 4 cm dick. (Nach E. Rübel.)

Zusammenfassung: An dieser Stelle mag noch einmal kurz darauf hingewiesen sein, daß nach unseren Versuchen der in Rede stehende Stoffumsatz der Pflanzen sich in folgender Weise abspielt: Zuerst sahen wir, wie aus der Kohlensäure Zucker entsteht und wie die osmotischen Prozesse in der Pflanze wesentlich durch das Vorhandensein von Zucker bedingt werden. Dann behandelten wir die Umwandlung des Zuckers in Stärke, Öl, Zellulose usw.

Endlich erkannten wir, daß Zucker ein wesentlicher Bestandteil bei der Eiweißsynthese ist und schlossen dann mit dem Kapitel Atmung, durch welche die aufgebauten Moleküle schließlich wieder bis zur Kohlensäure, dem Ausgangspunkt unserer Betrachtung, zertrümmert wurden.

* * *

Saprophyten und Parasiten.

Im Anschluß an die vorstehenden Darlegungen sind im folgenden anhangsweise einige Beispiele von ernährungsphysiologisch bemerkenswerten

höheren Pflanzen zusammengestellt, welche ihre organischen Nährstoffe ganz oder zum Teil von außen beziehen, also nicht autotroph[1]), sondern mixotroph*) oder heterotroph*) sind.

1. **Ganz-Saprophyten** (sind chlorophyllfrei).
   Coralliorrhiza innata (Orchidaceae),
   Epipogon gmelini (Orchidaceae),
   Burmannia, den Orchidaceae nahestehend, meist tropisch,
   Triuris, wohl den Butomaceae nahestehend, tropisch,
   Monotropa (Pirolaceae),
   Sarcodes (Pirolaceae),
   Voyria (Gentianaceae).

Der Saprophytismus wird in den vorliegenden Beispielen meist durch Mycorrhizen erleichtert. Die mit ektotropher Mycorrhiza versehenen feinen Endfasern der Wurzeln von *Fagus silvatica* und *Pinus silvestris* (vgl. Knys Wandtafeln, Nr. 116) eignen sich in toto zu mikroskopischen Dauerpräparaten. Umstehend ist die endotrophe Mycorrhiza in einer tropischen Orchidee abgebildet.

Hierher rechnen auch viele Pollenkörner der Blütenpflanzen (die freilich nur Teilstücke höherer Gewächse sind), soweit der in ihnen gespeicherte Vorrat zur Bildung der Pollenschläuche nicht ausreicht. Pollen von *Narcissus pseudonarcissus* oder *N. tazetta* keimt sehr gut in ca. 2½%iger Rohrzuckerlösung in einer Stunde. Es können Dauerpräparate in Glyzerin oder Glyzeringelatine angefertigt werden.

2. **Halb-Saprophyten** (enthalten Chlorophyll).
   *Neottia nidus avis***) (Orchidaceae), könnte in bezug auf den *Mycorrhiza*-Pilz wohl auch als Halb-Parasit bezeichnet werden,
   Sarracenia purpurea (Sarraceniaceae),
   Darlingtonia californica (Sarraceniaceae),
   Nepenthes destillatoria (Nepenthaceae),
   Dionaea muscipula (Droseraceae),
   Aldrovandia vesiculosa (Droseraceae),
   Drosophyllum lusitanicum (Droseraceae),
   *Drosera rotundifolia****) (s. Abbild.) (Droseraceae),
   Pinguicula vulgaris (Lentibulariaceae),
   Utricularia vulgaris (Lentibulariaceae) u. a. m.

*) autos = selbst, heteros = anders,
mixos = gemischt, trophe = Nahrung.

**) Eine Abbildung des Wurzelstockes von *Neottia* und der zugehörigen *Mycorrhiza* findet sich bei L. Kny und W. Magnus, Wandtafel Nr. 117.

***) Legt man auf Exkursionen Blätter von *Drosera* in eine Planktonkammer, so kann man die Schleimabscheidungen am Kopf der Tentakeln mit Lupen sehr gut erkennen, mit 40fach vergrößernden sogar die einzelnen Zellen der Tentakeln.

Die Samen der meisten Orchidaceae keimen nur in Symbiose mit bestimmten Fadenpilzen auf Moos, Baumrinde, Löschpapier usw. Zur Orientierung diene die nebenstehende Abbildung nach H. Burgeff (1). Bei vielen unserer heimischen Orchideen sind *Mycorrhizen* beobachtet worden.

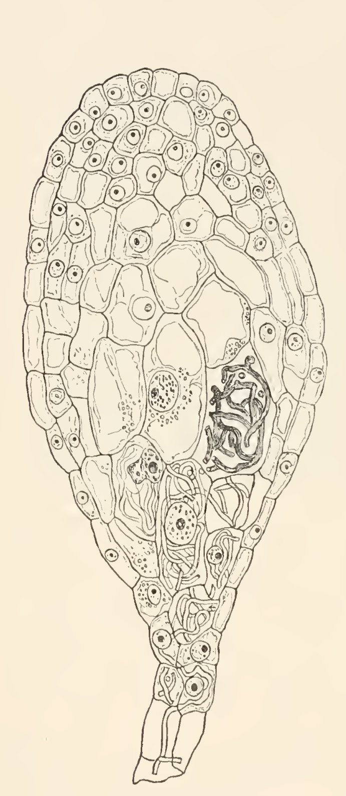


Abb. 21. Keimling eines Bastardes der Orchidee *Cattleya*, im Innern mit symbiotischen Wurzelpilzen. (Nach H. Burgeff.)



Abb. 22. Sämlinge eines Hybriden der Orchidee *Odontoglossum*, in den Reinkulturen eines Wurzelpilzes (*Mycorrhiza*). Die Pflänzchen sind bewurzelt und $6^1/_2$ Monate alt; sie wurden wiederholt auf ein neues Substrat übertragen. (Nach H. Burgeff.)

Die Aufnahme organischer, nach Stahl wesentlich auch anorganischer Nährstoffe durch die verdauende Tätigkeit der insektenfressenden Pflanzen scheint fakultativer Natur zu sein.

Zur Kultur von *Drosera* sei bemerkt, daß sie sich in mit *Sphagnum* gefüllten Schalen gut züchten läßt. Die Pflanzen müssen feucht und sonnig ge-

halten werden, im Zimmer am besten unter einer Glocke. Zum Überwintern hält man die Pflanzen bei + 3 bis 6° C, damit sie eine wirkliche Winter-



Abb. 23. Blätter des Sonnentaus *(Drosera rotundifolia)*. Linkes Blatt mit eingefangenem Käfer. Statt lebender Objekte werden auch feine Fleischstückchen verdaut. Ebenfalls gute Studienobjekte sind *Drosera longifolia*, *anglica* und *Drosophyllum* Etwa fünffach vergrößert. (Orig.)

ruhe durchmachen. Zum Begießen des Sonnentaus muß weiches Wasser verwendet werden.

3. **Ganz-Schmarotzer** (sind chlorophyllfrei).

Balanophora dioica u. a. m. (Balanophoraceae),
Rafflesia arnoldii u. *patma* (Rafflesiaceae),
Pilostyles hausknechtii u. a. Spezies (Rafflesiaceae),
Cuscuta europaea u. a. m. (Convolvulaceae).

Die Samen von *Cuscuta* keimen leicht auf feuchtem Fließpapier und auf Erde. Obgleich die ausgebildete Pflanze ein Parasit ist, besitzen die Keimlinge (s. Abbild.) reichlich Chlorophyll. Mikroskopische Bilder der Haustorien siehe bei L. Kny, Wandtafel Nr. 104.

Lathraea squamaria (Scrophulariaceae),
Orobanche speciosa (Orobanchaceae).

Samen von *Orobanche* wurden mit denen von *Vicia faba* Ende April 10 cm tief in die Erde gebracht. Anfang Juni blühte die *Vicia*, Mitte Juli die *Orobanche*.

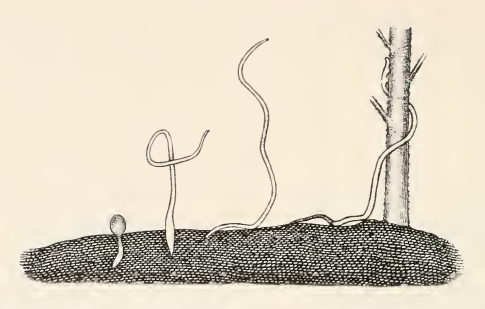


Abb. 24. Keimlinge des Schmarotzers Seide *(Cuscuta europaea)*. Keimblätter fehlen. Die Spitze der Pflänzchen beschreibt langsam kreisende Bewegungen und kommt dadurch in Berührung mit einer Wirtspflanze (Brennessel, Hopfen, Hanf, Weide u. a.), in welche sie Haustorien entsendet. (Nach O. Schmeil.)

4. **Halb-Schmarotzer** (enthalten Chlorophyll).

Thesium intermedium u. a. (Santalaceae),
Loranthus europaeus (Loranthaceae),
Viscum album *) (Mistel) (Loranthaceae),
Euphrasia officinalis (Scrophulariaceae),
Rhinanthus maior, minor (Scrophulariaceae),
Melampyrum nemorosum u. a. m. (Scrophulariaceae).

* * *

Die nächste Gruppe beschäftigt sich mit dem Träger der bisher behandelten Nährstoffe im Pflanzenkörper, dem Wasser, und mit den das Zellgewebe durchsetzenden Luftwegen.

VI. Gruppe. Wasser und Luft.

1. Wasser.

Das Wasser ist das Medium, in welchem sich als dem Hauptbestandteil des Zellsaftes ein großer Teil der vorstehend geschilderten, außerdem die durch anorganische Verbindungen bedingten Umsetzungen abspielen. Wir müssen das Wasser deshalb gleichfalls als eine Art Nährstoff betrachten, wodurch sich die Behandlung in einem besonderen Abschnitt rechtfertigt.

Das wichtigste Aufnahmeorgan für das Wasser und in ihm gelöste Stoffe ist die Wurzel.

*) Vgl. Flugblatt Nr. 32 d. Kais. Biol. Anstalt in Dahlem.

1. Versuch. *Lepidium sativum.*

Die Wurzeln der Keimpflanzen der Gartenkresse (*Lepidium sativum*)*) eignen sich vorzüglich zur Beobachtung der Wurzelhaare, welche — als Ausstülpungen der Epidermiszellen — wesentlich zur Vergrößerung der Wurzeloberfläche beitragen, oft um das 6—12fache. Auf 1 qmm Wurzeloberfläche können Hunderte von Wurzelhaaren kommen.

Die Versuchsanstellung geht im wesentlichen aus der beigefügten Abbildung hervor. Die Samen, welche überall im Handel käuflich sind, werden trocken auf das die Glasscheibe (z.B. photographische Platte 9 × 12 cm) bedeckende, feuchte Fließpapier aufgelegt, mit der Wurzelspitze, welche durch die Samenschale hindurch schon mit der Lupe erkennbar ist, nach unten orientiert. Sehr bald fangen die Epidermiszellen der Samenschale an, wie man auch mikroskopisch gut beobachten kann, gallertartig aufzuquellen, so daß eine willkommene Klebmasse entsteht, die das Herabfallen der Samen verhindert.

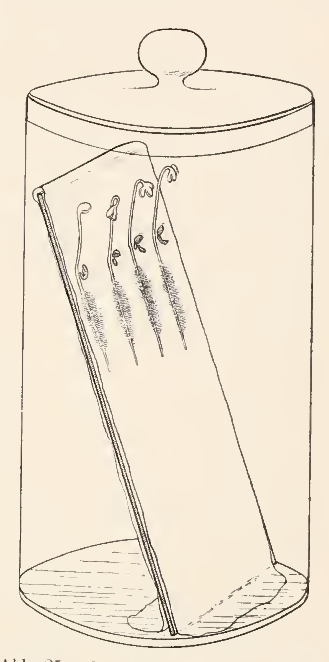


Abb. 25. *Lepidium*-Versuch. Dient hauptsächlich zur Demonstration der Wurzelhärchen. (Orig.)

Gießt man in das Gefäß etwas Wasser und stellt es verdeckt fort, so beginnt bald das Hervorbrechen der Wurzeln. Innerhalb von spätestens einer Woche bietet sich ein lehrreiches Bild. (Die ersten Keimungserscheinungen sind bequem in der Planktonkammer, die hier als feuchte Kammer wirkt, zu beobachten.)

Man erkennt bei dem Wurzelversuch folgende Einzelheiten:

1. Die Wurzelhaare bilden ein weißes „Höschen" um die Wurzel.
2. Die Hauptwachstumszone der Wurzel ist frei von Wurzelhaaren (Spitzenwachstum der Wurzel).
3. An den Keimblättern bisweilen ausgeschiedene Tröpfchen zeigen den Wurzeldruck an.

---

*) Im Gegensatz zu *Nasturtium officinale*, Brunnenkresse u. *Tropaeolum maius*, Kapuzinerkresse.

4. Die Wurzeln (Hauptwurzeln) sind positiv geotropisch infolge des Schwerkraftreizes*).
5. Auf der Unterseite der schräg stehenden Scheibe wachsende Wurzeln zeigen positiven Hydrotropismus, da sie bei richtigem Auflegen der Samen dem Fließpapier angeschmiegt bleiben.
6. Die stengelartigen Teile sind negativ geotropisch**) und lassen, bei einseitiger Beleuchtung, positiven Heliotropismus erkennen.

Durch verschiedene Lagerung des Gefäßes kann man den Versuch mannigfach variieren. Die Versuche gelingen stets sehr gut.

Wie sehr Wurzeln imstande sind, den Boden zu erobern und dem Wasserbedürfnis der Pflanze zu entsprechen, beweist die Tatsache, daß das Wurzelsystem vielfach eine reiche Verzweigung besitzt. So z. B. kann eine Weizenpflanze ca. 15 Wurzeln erster Ordnung, ca. 3000 Wurzeln zweiter, fast ebensoviele dritter und etwa 500 Wurzeln vierter Ordnung haben.

Freilich ist dabei zu beachten, daß nur die Spitzen der Wurzeln zur Aufnahme von (nicht zu kaltem) Wasser befähigt sind, während die weiter rückwärts gelegenen Teile verkorken oder sich sonst nach außen fest abschließen.

Die Seitenwurzeln verbreiten sich nach allen Richtungen des Raumes, da sie gar nicht oder nur schwach positiv geotropisch sind und mehr transversal-geotropische Eigenschaften besitzen.

Wie ausgiebig die Pflanzen befähigt sein können, für Wasseraufnahmeorgane zu sorgen, beweist die schnelle Bildung von Wurzeln an Stecklingen von Weiden u. a. m., die unter Umständen selbst dann noch Tendenz zur Wurzelbildung zeigen können, wenn man sie unter Mißachtung ihrer „Polarität" umgekehrt in die Erde steckt, in das Wasser stellt oder in wasserdampfgesättigter Luft aufhängt; vgl. H. Vöchting (1).

Zu Versuchen eignen sich kahle Weidenzweige von etwa 15 cm Länge und ca. 8 mm Dicke. Für den Ort der Entstehung von Wurzeln und beblätterten Seitenzweigen sind dabei innere und äußere Faktoren maßgebend. Nach G. Klebs (1) ist die Fähigkeit der Pflanze zu Organbildungen der verschiedensten Art und zu Reaktionen auf äußere Einflüsse viel mehr in der Hand des Experimentators, als man zurzeit denkt.

In Anpassung an den Standort wurzeln viele Wüstenpflanzen ganz besonders tief. Andererseits zeigen Wasserpflanzen (submerse Hygrophyten) vielfach eine starke Rückbildung der Wurzeln, da die Transpiration fehlt und die Blätter zur Wasseraufnahme befähigt sind. *Lemna arrhiza* besitzt überhaupt keine Wurzeln, obgleich sie nicht völlig im Wasser untergetaucht lebt.

---

*) Die Schwerkraft kann durch die Zentrifugalkraft ersetzt werden. Wegen der Statolithentheorie vgl. G. Haberlandt (1).

**) Bei den Gräsern findet die Aufwärtskrümmung in den Knoten statt.

Weitere Pflanzen mit besonders bemerkenswerter Art der Wasseraufnahme sind z. B.:

*Tillandsia usneoides**) (Bromeliaceae),
Billbergia horrida (Bromeliaceae),
Dischidia rafflesiana (Asclepiadaceae);
vgl. G. Haberlandt (1), F. Schimper (1).

2. Versuch. Chemotropismus der Wurzeln.

Die Wurzeln passen sich im Boden in vielen Beziehungen den günstigsten Lebensbedingungen an, wozu sie durch eine Reihe von Reizreaktionen befähigt sind, die sich als Nebenresultat z. T. schon beim vorstehenden Versuch ergeben haben.

Der hier zu besprechende Chemotropismus vollzieht sich in wasserhaltigem Medium im vorliegenden Falle in (3—) 5%iger Gelatine (hergestellt aus den käuflichen Tafeln bester Qualität).

Die in destilliertem Wasser gelöste Gelatine wird in ein rundes Glasgefäß von etwa 15 cm lichter Weite und ca. 12 cm Höhe eingefüllt; es können aber auch Bechergläser verwandt werden. Solange die Gelatine noch flüssig

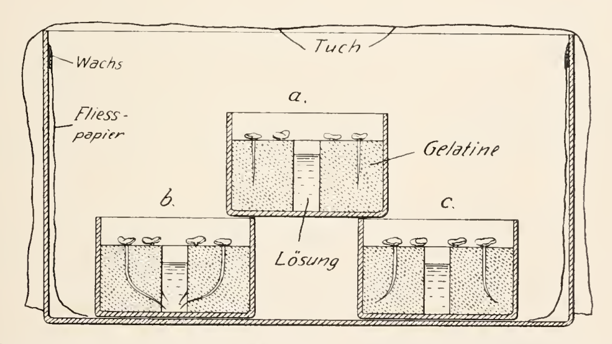


Abb. 26. Chemotropismus der Wurzeln. *a* Richtung der Wurzeln zu Anfang des Versuches; *b* Zukrümmen der Wurzeln zur Ammonphosphat-Lösung; *c* Wegkrümmen der Wurzeln von der Kochsalz-Lösung. (Orig.)

ist, wird in den mittleren Teil der Schale ein Glasrohr von etwa 3 cm lichtem Durchmesser (weites Reagensrohr, Lampenzylinder o. a. m.) eingestellt, das später, nach Herumfahren mit einer langen Nadel zum Zwecke der Lockerung, zur Herstellung einer zentralen Höhlung herausgenommen wird. In diese Höhlung wird die chemotropisch wirkende Lösung eingefüllt. Man bereite

*) Gedeiht, wie viele andere *Bromeliaceae*, in Gewächshäusern in frei aufgehängten Astgabeln u. dgl.

vier Schalen vor und beschicke sie paarweise mit einer Lösung von (1—) 2%igem Ammoniumphosphat [$(NH_4)_2HPO_4$, alkalisch)] bzw. (1—)2%igem Kochsalz in destilliertem Wasser. Diese beiden Substanzen eignen sich für die vorliegenden Versuche besonders gut. [Vgl. M. Lilienfeld (1) und die beistehende Abbildung.]

Als Versuchsobjekte dienen zweckmäßig Wurzeln von *Lupinus albus*, wenn sie 1,5—4,0 cm lang sind. Die Samen werden am besten zuvor in ganz flacher Wasserschicht 24 Stunden lang angequollen und dann in gut durchfeuchtete, durch Reiben zwischen den Händen gelockerte Sägespäne*) in einer Saatschale von größeren Dimensionen (vgl. Abbild.) horizontal flach eingelegt und mit einer dünnen Schicht von Sägespänen überdeckt. Nach 4—5 Tagen pflegen die Wurzeln bis zu der gewünschten Länge herangewachsen zu sein. Man legt am besten einige Dutzend Samen ein und wählt später zum Versuch nur schnurgerade gewachsene Wurzeln aus. Diese werden in Wasser abgespült und zu etwa je sechs rings um die Höhlung der Gelatine in dem aus der Zeichnung ersichtlichen Abstand in die weiche Masse senkrecht hineingesteckt. Hierauf werden die Schalen in ein größeres, mit nassem Fließpapier ausgekleidetes Gefäß gestellt und durch Überdecken eines dunklen Tuches (vgl. Abbild.) gegen Licht geschützt, um die Dunkelheit des Bodens nachzuahmen, was aber für den Ausfall des Versuches von keiner Bedeutung ist, da die Wurzeln von *Lupinus albus* — im Gegensatz zu denen von *Raphanus sativus* und *Sinapis alba* — nicht lichtempfindlich sind.

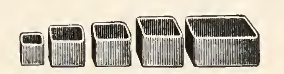


Abb. 27. Unglasierte Tonschalen für Pflanzenkulturen. Seitenlängen 5—20 cm. (Preise ca. 0,20 bis 0,50 M.)

Nach einigen Tagen zeigt sich positiver Chemotropismus der Wurzeln nach der Ammonphosphatlösung, während sich die Wurzeln von der Kochsalzlösung fortgekrümmt haben. Die Phosphate sind gute Lockmittel, während die Chloride, Nitrate und Sulfate abstoßend wirken.

Nach etwa einer Woche pflegen Bakterienkolonien und Schimmelpilze in der Gelatine aufzutreten, womit sich das Abbrechen der Versuche von selbst ergibt.

Die Frage über die Beziehungen des Traumatropismus (Krümmung infolge von Verletzung durch Brand-, Ätzwunden usw.) zum Chemotropismus ist zurzeit noch nicht genügend geklärt.

Wie besondere Versuche von Otto Günther gezeigt haben, befähigt der Traumatropismus die Wurzeln nicht, spitzen und scharfkantigen Steinen im Boden geschickt auszuweichen; dazu müßten die Steine schon ätzende oder sonst giftige Substanzen ausscheiden.

---

*) Gerade Wurzeln von besonderer Lebensfrische erhält man nach E. Tiegs bei Verwendung von Buchen-Sägespänen; Späne von Kiefernholz sind zu harzreich.

Die Wurzelhaare wirken ihrerseits angreifend auf feine Gesteinspartikel, hauptsächlich durch Ausscheidung von Kohlensäure, deren Menge für die verschiedenen Pflanzen spezifisch zu sein scheint, und schmiegen sich dicht an die Partikel an (Korrosionsversuche an geschliffenen und polierten Marmorplatten).

Die Wurzeln stehen den ihnen als Nahrung im Boden gebotenen mineralischen Nährstoffen nicht wahllos gegenüber, nehmen also die im Wasser gelösten Stoffe nicht rein physikalisch auf, sondern zeigen ein selektives Verhalten.

3. Versuch. Wurzeldruck.

Zur Demonstration des Wurzeldruckes eignen sich gut entwickelte Topfpflanzen der Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und der *Fuchsia*, nach W. Detmer auch im Winter besonders gut die Acanthacee *Sanchezia nobilis*, ferner *Urtica macrophylla*. Man setze auf die dekapitierte Pflanze so, wie es die Abbildung zeigt, mittels Gummischlauch ein Kugelsteigrohr und beobachte den Austritt des Saftes. Seine besonders in der Wärme reichliche Ausscheidung kommt hauptsächlich dadurch zustande, daß durch osmotische Saugkraft das Wasser aufgenommen und an den Stellen geringerer Filtrationskraft (Gefäße) wieder ausgepreßt wird. Der hierbei entwickelte Druck beträgt meist ¾—2 Atmosphären, also relativ wenig, bei der tropischen Leguminose *Schizolobium excelsum*, nach den Untersuchungen von Figdor, dagegen 8 Atmosphären. Die Birke (*Betula alba*), welche kurz vor Entfaltung der Blätter aus Schnitten oder Bohrlöchern in der Nacht und vormittags stark „blutet", treibt den Saft mit etwa 1,5 Atmosphären Druck hervor und scheidet dabei pro Tag etwa 1 l Flüssigkeit ab, wenn das Bohrloch eine Weite von knapp 1 cm besitzt.

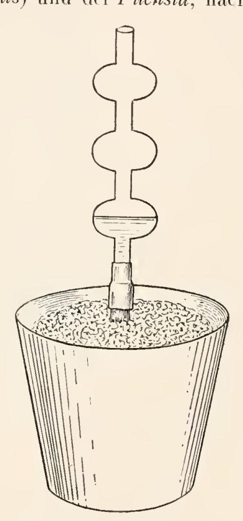


Abb. 28. Demonstration des Wurzeldruckes an einer dekapitierten *Fuchsia*-Pflanze. Der ausgeschiedene Saft sammelt sich in einem aufgesetzten Kugelrohr. (Orig.)

4. Versuch. Leitungsbahnen des Saftes.

Setzt man Stengel von *Impatiens parviflora* oder *Impatiens noli tangere* in Eosinlösung (rote Tinte), so gewahrt man bei der Durchsichtigkeit der Stengel, daß die rote Flüssigkeit in den Gefäßbahnen aufsteigt.

Bei weißen Blüten, z. B. denen der Abendlichtnelke (*Melandryum album*), werden bei solchen Versuchen die Nerven rot.

Bei Ringelungsversuchen an belaubten Baumzweigen, bei welchen an einer ringförmigen Stelle die Rinde entfernt wird, sieht man, wenn die Zweige im Wasser stehen, kein Vertrocknen der Blätter, ein Beweis, daß das Wasser im Holzkörper aufsteigt.

Die Frage des Saftsteigens bis in die Kronen hoher Bäume ist noch nicht einwandfrei gelöst, wie die kritischen Untersuchungen von S. Schwendener gezeigt haben. Ob die Kohäsion des Wassers eine ausschlaggebende Rolle spielt, bleibt noch näher zu untersuchen.

5. Versuch. Transpirationsnachweis durch die Kobaltprobe.

Nach E. Stahl (2) benutzt man Kobaltchlorid ($CoCl_2 + 6 H_2O$, 100 g = ca. 1,20 M.) zum Nachweis der Verdunstung von Wasser unter Benutzung des Umstandes, daß das wasserhaltige Salz rot, das wasserfreie dagegen blau ist.

Man tauche Blätter von Fließpapier von der Größe der photographischen Platten 9 : 12 cm in ca. 5%ige Lösung von Kobaltchlorid und trockne sie (z. B. über Eck aufgehängt und mit einem Reißnagel oder einer Stecknadel befestigt) hängend oder horizontal auf einer Unterlage liegend, der sich das Blatt nicht fest anschmiegt. Man kann es auch mit einer Pinzette fassen und über einer Lampe oder einem Brenner trocknen.

Endlich kann man auch größere Streifen durch ein- bis zweimaliges Einlegen in die Flüssigkeit tränken, zum Trocknen aufhängen und vorrätig halten. Man vermeide es nach Möglichkeit, mit den Fingern auf die Papierfläche zu fassen.

Das gut getrocknete Papier ist blau. Legt man das Blatt einer Pflanze zwischen zwei solche Bogen und bedeckt diese mit trocknen Glasplatten, wie es die Abbildung zeigt, so bildet sich die Unterseite des Blattes infolge von Verdunstung seines Wassers schon nach einigen Minuten rot ab.

Als Versuchsobjekte eignen sich alle weichen Blätter mit nicht zu dicker Mittelrippe, z. B. *Ribes*, *Philadelphus*, *Sambucus*, im Winter z. B. die Acanthacee *Justicia carnea*.

Aus der Beobachtung, daß in der Regel nur die Unterseite innerhalb der Versuchszeit rötend wirkt, erkennt man, daß die kutikuläre Transpiration gegenüber der stomatären wenig in Betracht kommt.

Wiederholt man den Versuch mit welken Blättern oder solchen, welche längere Zeit im Dunkeln verweilt haben, so wird die Rötung des Kobaltpapieres ausbleiben oder lange Zeit erfordern, weil in beiden Fällen die Spaltöffnungen sich geschlossen hatten.

Der Schutz sehr junger Blätter gegen Verdunstung geschieht vielfach durch Knospenschuppen und Haare.

In gleicher Weise wie die Kutikula wirkt natürlich auch Korkgewebe verdunstungshemmend. Die Kartoffel ist hierfür ein gutes Bei-

spiel. Schneidet man sie durch, so bildet sie an der Schnittfläche von neuem ein schützendes Wundperiderm, wenn man die Hälften etwa eine Woche lang unter einer feuchten Glocke aufbewahrt.



Abb. 29. Stahlsche Kobaltprobe zum Nachweis der Verdunstung von Wasser aus Blättern. Die blauen Papierflächen werden an der Stelle, wo das verdunstende Blatt liegt, rosa gefärbt. (Orig.)

Die absolute Größe der Verdunstung kann sehr beträchtlich sein; so kann ein Baum pro Tag hunderte von Litern Wasser verdunsten.

Xerophyten (Bewohner trockner Standorte) und Halophyten (Salzpflanzen) zeigen infolge spezifischer Einrichtungen Beschränkung der Transpiration. Hydrophyten (soweit sie zartblätterig sind) verwelken in trockener Luft schnell. Vgl. F. Schimper (1), E. Warming (1).

Beispiele:

Xerophyten:

Sedum acre,	*Helichrysum*,
Mesembrianthemum,	*Rhipsalis* u. a. Cactaceae.

Halophyten:

Salicornia herbacea,	*Honckenya peploides,*
Atriplex litorale.	*Rhizophora mangle*

(*Rhiz.* mit versenkten Spaltöffnungen).

Hydrophyten:

Myriophyllum,	*Vallisneria.*
Batrachium,	*Sagittaria sagittifolia*
Caltha,	var. *vallisneriifolia.*
Elodea,	

2. Luft.

Ebenso wie Wasserströme durchziehen auch Luftströme viele Pflanzen. Diese letztgenannten Ströme werden in trockener Luft viel mehr erleichtert als in feuchter, nebeliger; in dieser besteht eine gewisse Gefahr, daß Wasserdampf sich niederschlägt und die Interzellularräume verstopft bzw. absperrt. Bei den größeren Wasserpflanzen endlich ist sogar ein innerer Luftvorrat in Kanälen nötig, da Wasser nur den etwa 20. Teil des in einem gleich großen Volumen Luft vorhandenen Sauerstoffquantums enthält.

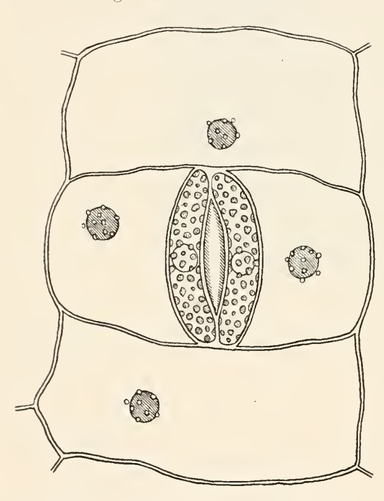


Abb. 30. Offene Spaltöffnung von *Tradescantia virginica*. Epidermis der Blattunterseite. Den Kernen der die Spaltöffnung umgebenden Oberhautzellen sind rudimentäre, farblose Chromatophoren aufgelagert. (Orig.)

Besondere Organe mit spezifischen Mechanismen zur Einatmung (Inspiration) und zur Ausatmung (Exspiration) fehlen den Pflanzen; sie vollführen keine Atembewegungen. Wir finden deshalb über ihre Oberfläche zahlreiche Poren in Form von Spaltöffnungen (Stomata) und Korkwarzen (Lenticellen) zerstreut, welche als Ein- und Austrittspforten für Sauerstoff und Kohlensäure dienen.

Die beigefügte Abbildung 31 zeigt besonders gesteigerte Ausbildung von Trägern für Lenticellen in tropischen Mooren, nämlich Brettwurzeln, Luftwurzeln und Atemwurzeln (Pneumatophoren). Es handelt sich dabei um Bäume aus den Gattungen:

Calophyllum (Guttiferae), *Chisocheton* (Meliaceae),
Eugenia (Myrtaceae), *Canarium* (Burseraceae)
und *Myristica.*

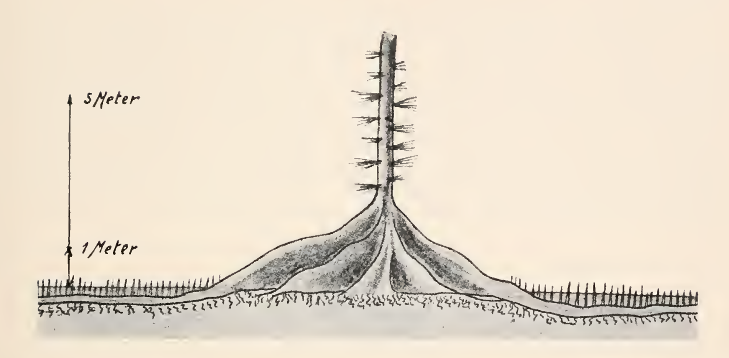


Abb. 31. Exemplar eines der Charakterbäume aus einem Moore auf Sumatra mit großen Brettwurzeln, mit horizontal wachsenden „besenförmigen Luftwurzeln“ und aufrecht wachsenden, spargelförmigen Pneumatophoren (Atemwurzeln). (Orig. von Koorders.)

1. Versuch. Mechanik und Funktion der Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnungen eines belichteten Blattes z. B. von *Tradescantia, discolor* (s. Abb.), *Hyacinthus* oder *Iris* sind offen, wie die mikroskopische Beobachtung lehrt. Werden sie plasmolysiert, so schließen sie sich, weil die offenspannende Wirkung des Turgors aufhört; jedes Welken bedingt mithin eine Verengerung der Stomataspalte und damit eine Herabsetzung der Transpiration. Vgl. S. Schwendener (1), G. Haberlandt (1).

Im Dunkeln pflegen sich die Spaltöffnungen zu schließen, wenn auch wohl nicht immer hermetisch. Sie stehen offenbar wesentlich im Dienste der Kohlensäureversorgung bei dem an das Licht gebundenen Prozeß der Kohlenstoffassimilation. Über Versuche mit den Spaltöffnungen der Nadelhölzer vgl. A. Dengler (1).

Holo-Saprophyten haben in der Regel keine Stomata.

2. Versuch. Wegsamkeit der Lenticellen.

Ein Zweigstück von *Sambucus nigra*, *Syringa vulgaris* u. a. m. wird an beiden Enden mit Paraffin verklebt und mittels eines Korkens so in ein Glasrohr geklemmt, daß ein Ende herausragt. Das Rohr wird mit ausgekochtem Wasser gefüllt und mit der Luftpumpe evakuiert. Dann

steigen zahlreiche feine Luftbläschen aus den Lenticellen auf, wodurch ihre Wegsamkeit veranschaulicht wird. Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man durch gelinden Quecksilberdruck unter Wasser Luft durchpreßt.

Lenticellen haben keinen spezifischen Mechanismus zum Öffnen und Schließen. Sie stehen, wie das mikroskopische Bild lehrt, immer offen, falls sie nicht durch sekundäre Vorgänge verstopft werden. Rindenstücke mit Korkwarzen, z. B. von der Birke, eignen sich gut zu Präparaten auf den an anderer Stelle beschriebenen schwarzen Objektträgern, welche bei mikroskopischer Betrachtung mit einer gut brennenden elektrischen Taschenlampe beleuchtet werden können. Näheres über den Bau der Korkwarzen siehe bei G. Haberlandt (1).

II. TEIL.

Cryptogamen.





Vorbemerkungen.

Wie bereits im Vorwort betont worden ist, sind die physiologischen und ökologischen Versuche und Beobachtungen bei den Kryptogamen unter Zugrundelegung einer systematischen Disposition behandelt worden. Eine solche bietet den Vorteil, daß an jeder Stelle die Stoffanordnung leicht überblickt werden kann und daß verwandte Typen in größerer Zahl nebeneinander verglichen werden können.

Eine gewisse Kenntnis der Physiologie der Kryptogamen bietet ein wertvolles Rüstzeug auch für das Studium der höheren Pflanzen und vor allem auch für das Verständnis des Kreislaufes der Stoffe in der freien Natur.

Über Lupen und Mikroskope.

Den Besprechungen über die Physiologie der Kryptogamen seien einige Erörterungen über Lupen, Mikroskope und deren Nebenapparate vorausgeschickt.

1. Lupen haben vor Mikroskopen den Vorzug eines unvergleichlich größeren Gesichtsfeldes und einer bemerkenswerten Tiefenwirkung, während Mikroskope hauptsächlich nur in einer bestimmten Horizontalebene eine kleine Fläche abbilden.

   Lupen vom Aplanattypus nach Steinheil wendet man in der Regel für schwächere, solche vom Anastigmattypus mehr für stärkere Vergrößerungen an*). Die anastigmatische Planktonlupe von C. Zeiß vergrößert 40mal linear.
2. Sehr starke Lupen, die auf Exkursionen schon ein schwach vergrößerndes Mikroskop teilweise ersetzen können, machen es erwünscht, die sie haltende Hand aufzulegen oder an eine (eventuell mit Wasser zu füllende) kleine Beobachtungsglaskammer mit plan-

---

*) Nach meinen Erfahrungen ist für kleine Objekte eine 14—15fache Vergrößerung ein besonders gangbares Mittelmaß, dann folgt ca. 25- und endlich ca. 40fache Vergrößerung. Auf Ausflügen führe ich stets drei solcher Lupen mit.

Alle großen Mikroskopfirmen fertigen Aplanatlupen in ausgezeichneter Qualität als Exkursionslupen bis zu beträchtlichen Vergrößerungen.

parallel geschliffenen Grund- und Deckscheiben (Planktonkammer*) anzulegen.

3. Bei Benutzung stark vergrößernder Lupen hat man im allgemeinen nicht das richtige Empfinden von ihrer Leistungsfähigkeit. Es erklärt sich das aus psychologischen Gründen. Die durch Annäherung des Auges an das Objekt bewirkte Vergrößerung wird nicht genügend nachhaltig wahrgenommen, weil der Vergleich fehlt.

4. Mikroskope erzeugen durch ihre Objektive im Gegensatz zu Lupen reelle, linsenverkehrte Bilder. Die nebenstehende Abbildung stellt links ein kleines, mit dem Rücken der Feder auf einen trockenen Objektträger gezeichnetes F dar. Das Bild dieses Gegenstandes, welches in 9facher Vergrößerung abgebildet ist, wird bei guter Beleuchtung im Mikroskop sichtbar, wenn man das Okular herausnimmt, Ölpapier auf den Rand des Tubus auflegt, die Einstellung etwas regelt, das Auge in etwa 25 cm Entfernung vom Ölpapier bringt und zur Abhaltung auffallender Strahlen die Hand vor das Papier hält. Man kann dann auf dem Pauspapier bequem zeichnen, wenn man einen Objektträger als Stütze unter dieses legt.

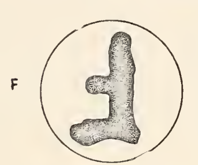


Abb. 32. Demonstration der vergrößernden und bildumkehrenden Wirkung des Objektivs. (Orig.)

Das Mikroskop wirkt also wie ein Skioptikon. Das Okular kann man zum Auge rechnen, da es als Lupe für die Betrachtung des Bildes dient.

5. Zur ungefähren Orientierung über den (notwendigerweise geringen) Durchmesser des Gesichtsfeldes bei schwachen mikroskopischen Vergrößerungen kann geeignetes mm-Papier verwendet werden, falls man kein Objektmikrometer zur Hand hat. Bei etwa 100facher Vergrößerung pflegt das Gesichtsfeld nur etwa den Durchmesser eines mittleren Stecknadelkopfes oder von vier dicht zusammenliegenden Feingrieskörnern aufzunehmen. Durch Anwendung schwacher Objektive und sehr starker Okulare (z. B. Kompensation Nr. 12), kann man für bestimmte Fälle bei ziemlich starker Vergrößerung ein verhältnismäßig großes Gesichtsfeld erhalten. Da auch der Objektabstand bedeutend ist, braucht man, was oft erwünscht sein kann, trotz beträchtlicher Vergrößerung kein Deckgläschen auf das Präparat zu legen.

6. Das Zeichnen der vergrößerten Objekte, soweit es nicht freihändig vorgenommen wird, geschieht zweckmäßig mittels Spiegel-

*) Solche Planktonkammern liefern bzw. beschaffen alle großen Mikroskopfirmen oder Werkstätten für Chemie und Bakteriologie.

zeichenapparates nach Abbe oder unter Verwendung des mit elektrischem Licht beleuchteten Zeichenprojektionsapparats nach Edinger, der nach Art eines Skioptikons wirkt (vgl. Abb. 33).

Durch Bilder, welche mittels Zeichenapparate gewonnen sind, kann auch leicht die Vergrößerung bestimmt werden. Die direkte Größenbestimmung der Objekte muß durch Meßokulare ge-

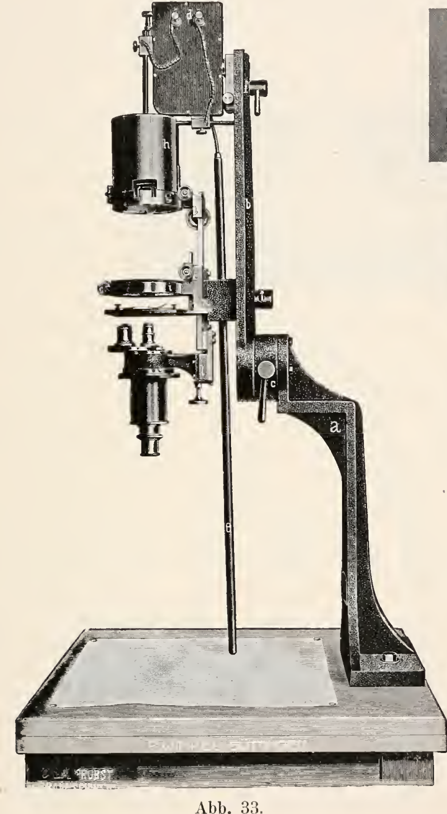
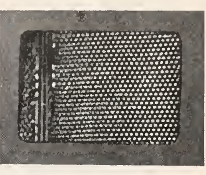


Abb. 33.

Abb. 33. Zeichen-Projektions-Apparat nach Prof. Dr. Edinger, mit elektrischer Lichtquelle, Objektiven und Okularen. Das Bild wird direkt auf das Zeichenpapier projiziert. (Nach R. Winkel-Göttingen).



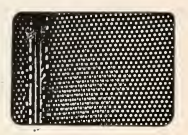


Abb. 34. *Pleurosigma angulatum*, Ausschnitt aus der Schale (links ein Stück der Raphe). Bei Ölimmersion aufgenommen. Oben: Schale mit Raster aufgenommen. Unten: Schale ohne Raster, d. h. das bei der Ätzung der Autotypien erforderliche Netz. (Nach Rich. Volk.)

schehen. Die Leistungsfähigkeit der Mikroskope kann bei starken Vergrößerungen leicht nach der Auflösung des abgebildeten Testobjektes *Pleurosigma angulatum* und noch feiner strukturierter Kieselalgen, wie sie auf J. D. Möllers Diatomeen-Typenplatte enthalten sind, beurteilt werden; je nach der Leistung der Objektive erkennt man Streifen, Punktreihen, Felder oder

Sieblöcher auf den Schalen von *Pleurosigma.* Die genaue Form der Sieblöcher ist in der Regel erst bei Anwendung von Ölimmersionssystemen, deren Frontlinse nach innen zu halbkugelig ist, sichtbar zu machen.

7. Farbenerscheinungen an kritischen farblosen Objekten vermeidet man am besten durch Anwendung von Apochromatobjektiven in Verbindung mit Kompensationsokularen.
8. Strukturierte mikroskopische Objekte wirken als Beugungsgitter, ähnlich wie ein Planktonsieb (Phosphorbronze Nr. 260) eine brennende Kerze zerlegt. Zur Aufnahme der Beugungsbilder sind ein großer Öffnungswinkel des Objektives oder schiefe Beleuchtung nötig. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Strahlengang nach Durchgang durch einen Abbeschen Kondensor, aufgenommen beim Passieren der Lichtstrahlen durch Uranglas. Dieser Strahlenkegel ist in voller Intensität, bei teilweiser Abblendung und in Schiefstellung ein wichtiges Hilfsmittel in den Händen des Mikroskopikers.

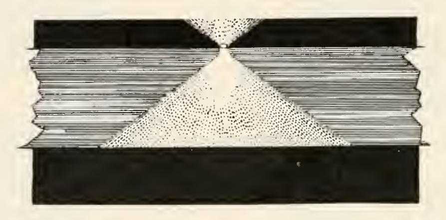


Abb. 35. Vereinigung der Lichtstrahlen durch einen Abbeschen Kondensor. Die Strahlen gehen durch den Objektträger und vereinigen sich an der Stelle, wo sich das Objekt befindet. Vergr. ca. 8fach. Näheres siehe bei W. Scheffer (1).

9. Die modernen Dunkelfeldbeleuchtungen unter Verwendung von Mikro-Nernstlampen oder ähnlichen starken Lichtquellen lassen die mikroskopischen Objekte auf dunklem Grunde auch bei starken Vergrößerungen hell erscheinen. Die Dunkelfeldbeleuchtung mit ihren auffallenden Lichtstrahlen entspricht den natürlichen Verhältnissen mehr als die Beleuchtung der Objekte im durchfallenden Licht. Auch das polarisierte Licht kann bei Verwendung eines drehbaren Objekttisches sehr charakteristische Bilder mit vielen Feinheiten liefern.
10. Die äußerste Grenze, bis zu welcher kleine Objekte in ihren natürlichen Umrissen noch erkannt werden können, beträgt bei Anwendung von ultravioletten Strahlen und Mikrophotographie etwa 0,15 μ.
11. Zum Studium kleinster Suspensionen, besonders in Flüssigkeiten, dient das mit sehr starken Lichtquellen arbeitende Ultramikroskop von Siedentopf und Zsigmondy.
12. Zum Studium der Mikroskope und ihrer Nebenapparate ist die Durchsicht der Firmenkataloge sehr geeignet. Näheres siehe bei W. Scheffer (1).

I. Gruppe. Myxomycetes (Schleimpilze) und Amöben.

Myxomycetes (Mycetozoa, Phytosarcodina).

Fuligo varians = Aethalium septicum. Lohpilz.

(Name von fuligo = Ruß und aithale = Ruß.)

Der Schleimpilz der Lohblüte ist durch sein auffälliges, gelbes, bei kompakter Gestalt an „Eierstich" erinnerndes Plasmodium allgemein bekannt. Er findet sich sehr verbreitet auf Gerberlohe, in der man den Pilz im Laboratorium längere Zeit in Rohkultur züchten kann, auf Moos in Wäldern, auf Baumstümpfen usw., entsprechend seinem Feuchtigkeitsbedürfnis meist im Innern des Substrates. *Fuligo* bildet, wenn man ihn sich auf dem Objektträger ausbreiten läßt, ein vorzügliches Objekt zum Studium der Bewegungen nackter Plasmamassen, zumal hier die Bewegung eine ziemlich rasche ist (vgl. Abb. 36).

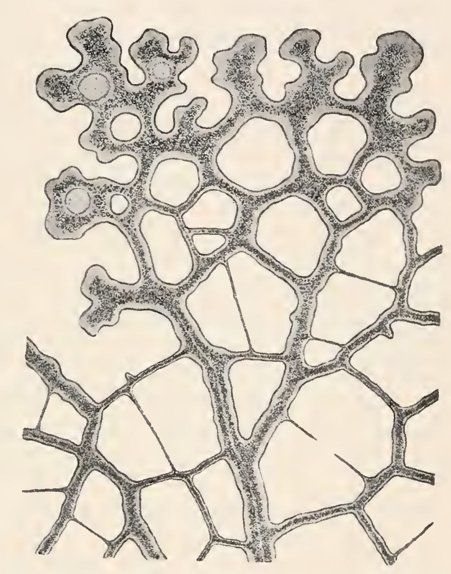


Abb. 36. *Fuligo varians.* Lohpilz. Rand eines Plasmodiums, an dem die Bewegung nackter Plasmamassen gut studiert werden kann. Vergr. schwach. (Nach L. Kny.)

Legt man Stücke des Plasmodiums auf die Mitte einer Glasscheibe unter eine feuchte Glocke, so breitet es sich nach allen Seiten flach aus und liefert so bis tellergroße Präparate, die durch Antrocknen konserviert und mit einer schützenden Deckscheibe versehen in einem Rahmen aufgestellt werden können.

Junges Plasmodium ist

1. negativ heliotaktisch,
2. bei einer Temperatur bis etwa 35° C positiv thermotaktisch,
3. für Loheextrakt positiv chemotaktisch,
4. für Kochsalz negativ chemotaktisch,
5. für mäßige Wasserströmung positiv rheotaktisch.

Die Reaktion des lebenden Plasmodiums ist alkalisch.

Die Sporen eignen sich nicht zu Keimungsversuchen.

Näheres über experimental-physiologische Untersuchungen an Myxomycetes-Plasmodien siehe bei E. Küster (1) und L. Kny (1), Nr. 115.

Reticularia lycoperdon. Bovist-Schleimpilz.

Die Sporangien dieses Schleimpilzes haben, wie schon der Name sagt, bovistartiges Aussehen und finden sich in Wäldern an den unteren Partien der Bäume auf der Rinde, auf Baumstümpfen, auf altem Holz usw., besonders in den Monaten April und Mai. Die Sporangien sind im Innern dicht erfüllt von Kapillitium und den umbrabraunen Sporen, welche nach den Darstellungen von E. Jahn (1) leicht keimen.

Frisch gesammelte, trockene Sporen können in destilliertem oder Leitungswasser schon nach 15 Minuten bei Zimmertemperatur im Licht oder im Dunkeln keimen, doch darf man nicht immer mit so schneller Keimung rechnen. Bringt man frisch gesammeltes Material aus dem Walde mit, so kann solches ohne weiteres verwendet werden. Die Sporen werden (in nicht zu geringer Menge) mit gewöhnlichem Wasser auf dem Objektträger verrührt, damit sie gut benetzt werden, und dann mit einem Deckgläschen bedeckt. Man beobachtet nun bei mindestens 300—400facher Vergrößerung und bemerkt bald, daß die Sporen, soweit sie durch Schrumpfen etwas zusammengefallen waren, sich in kurzer Zeit durch Wasseraufnahme abrunden. Erfolgt die Keimung nicht sehr bald, so setzt man an der Seite des Deckgläschens von Zeit zu Zeit etwas Wasser zu, falls man das Präparat nicht in eine feuchte Kammer legen will. Mehr als 2 Stunden wird man auf die Keimung wohl nie zu warten brauchen.

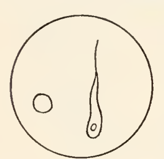


Abb. 37. *Reticularia lycoperdon.* Sporenhülle und Schwärmer bei starker Vergrößerung durch Trockensysteme. (Orig.)

Zu Beginn der Keimung tritt durch einen Riß der Membran ein hyalines Plasmaknöpfchen hervor, und im Verlauf von etwa 5 Minuten drängt sich aus der runden braunen Spore ein farbloses, längliches, nacktes Plasmagebilde hervor, welches sich zunächst zitternd umherbewegt. Die vollkommen entleerten Sporen erscheinen dann ein wenig durchsichtiger als die noch ungekeimten. Will man die Skulptur der Membranen studieren, muß man Ölimmersion bei der mikroskopischen Beobachtung verwenden.

Die mehr am Rande des Deckgläschens liegenden Sporen keimen am reichlichsten.

Das entstandene Keimprodukt ist nicht wie bei vielen anderen Pilzen ein Faden, sondern ein bewegliches, ziemlich stark lichtbrechendes Gebilde (Myxamöbe) von amöbenartigem Charakter. Bald erkennt man eine Geißel und am hinteren Ende eine pulsierende Vakuole; vgl. die Abbildung. Im Plasma findet sich häufig Glykogen in Form von Kügelchen.

In einer Rohrzuckerlösung von ca. 4% (= 2,5 bis 3,0 Atm. osmotischem Druck) ist keine Keimung mehr möglich, leicht aber nach Überführen dieses Materials in Leitungswasser.

Die trockenen Sporen kann man in Papier oder in einem mit Watte verschlossenen Gläschen aufbewahren. Haben sie 6—8 Monate lang trocken gelegen, so können sie bei etwa 21° C in destilliertem Wasser in ungefähr 30 Minuten keimen, werden sie aber in solchem Wasser 5 Minuten lang in einen Thermostaten von 37° C gelegt, so keimen sie schon in etwa 11 Minuten aus.

Amaurochaete atra. Dieser Schleimpilz, welcher sich auf Holz und Rinde der Kiefer findet, besitzt ebenfalls leicht keimende Sporen.

Lycogala epidendron. Die großen Fruchtkörper bilden sich, in kleinen Herden zusammenstehend, auf altem Holz, besonders Baumstrünken. Sie enthalten Sporen, welche zu Keimungsversuchen nicht geeignet sind.

Die speziellere Ernährungsphysiologie der Schleimpilze ist zurzeit noch wenig studiert.

Plasmodiophora brassicae, Hernie*) der Kohlarten.

Plasmodiophora lebt als Schmarotzer in Form von Schleimkörpern in lebenden Zellen der Wurzeln von Kreuzblütlern, an denen er gallenähnliche Bildungen hervorruft. Hauptsächlich werden Kohlpflanzen (*Brassica oleracea*) befallen, z. B. die Spielarten Wirsingkohl, Blumenkohl, Kohlrabi und Rosenkohl, ferner Kohlrübe (*Br. napus*) und weiße Rübe (*Br. rapa*). Es entstehen meist unförmliche, kropfartige Anschwellungen an Haupt- und Nebenwurzeln, wodurch die Pflanze stark leidet; (siehe Abb. auf der Tafel: Parasitische Pilze).

Die Krankheit ist außerdem an einer Reihe anderer Kreuzblütler beobachtet worden, z. B.:

Raphanus sativus, Rettig,
Raphanus raphanistrum, Hederich,
Sinapis alba, weißer Senf,
Sinapis arvensis, Ackersenf,
Camelina sativa, Leindotter,
Capsella bursa pastoris, Hirtentäschelkraut,
Thlaspi arvense, Pfennigkraut,
Cardamine pratensis, Wiesenschaumkraut,
Cheiranthus cheiri, Goldlack,
Iberis umbellata, Schleifenblume.

Wenn im Spätherbst die Sporen nach Verfaulen der erkrankten Wurzeln frei werden, infizieren sie den Boden. Im Frühling tritt aus der Spore ein Schwärmer heraus, der sich in junge Wurzelfasern einbohren und dadurch neue Erkrankungen hervorrufen kann.

*) Hernie bedeutet die beim „Bruch“ entstehende sackartige Vorwölbung.

Die Krankheit wird durch feuchten Boden begünstigt, durch trockneren kalkreichen gehemmt.

Die Einordnung von *Plasmodiophora* unter die Myxomycetes ist nicht sicher; wahrscheinlich bestehen Beziehungen zu den Chytridiaceae.

Nähere Ausführungen über Pilzkrankheiten der Kulturpflanzen siehe bei Appel u. Westerdijk(1), J. Eriksson(1) und P. Sorauer(1), über Gallenbildungen bei Küster(2).

Bezüglich Abbildungen von Schleimpilzen vgl. Lister (1) und A. Kerner, Bd. I, S. 102.

* * *

Wegen der Ähnlichkeit gewisser Entwicklungszustände der Myxomycetes mit Amöben und Rhizopoden überhaupt, sei hier kurz darauf hingewiesen, wie und wo man diese letztgenannten finden kann.

Fundorte von Amöben und anderen Rhizopoden.

1. In normalem Schlamm (bisweilen vermischt mit Heliozoen); auch im organischen Filz biologischer Körper (siehe die später folgenden Abbildungen und zugehörigen Erläuterungen).
2. In Flüssen, deren Schlamm durch starke Strömung aufgerührt ist (z. B. in der strömenden Elbe).
3. Zwischen sowie auf Schilf und anderen Sumpf- und Wasserpflanzen an flachen, schlammigen Ufern. Beim Fischen mit dem Planktonnetz unter Berühren der Pflanzenstengel und -blätter erhält man in der Regel *Difflugia* und dgl., auch Heliozoa (vgl. die Abbildungen tierischer Wasserorganismen).
4. In Uferbesatz (organischem Filz) in der Emersionszone von Gewässern verschiedener Art, besonders an Bohlenwerken und dgl.
5. An Deckgläschen, welche man an der Oberfläche geeigneter Aquarien schwimmen läßt. Das Einfetten des Gläschenrandes ist in der Regel unnötig. Auch am Grunde der Aquarien und an den Glasscheiben (Objektträger einhängen!), besonders ganz nahe der Wasseroberfläche.
6. In Erde, auf Stroh usw., in der Regel als Cysten.

Kultur von Amöben.

1. In Flüssigkeiten, nach etwa 8 Tagen als Kahmhaut auftretend:

Wasser		250 ccm,
Mannit	ca.	12,0 g,
Monokaliumphosphat	ca.	0,5 g,
Magnesiumphosphat		0,5 g,
Schlamm, Pflanzenteile humöser Erdboden oder dgl.		Messerspitze.

2. Auf festem Nährboden:

Wasser	100 ccm,
Salatblätter	4 g,
Agar	1,5 g.

Das Nährmedium wird nach vorschriftsmäßiger Herstellung sterilisiert und in Petrischälchen verteilt.

Die Beimpfung kann durch Amöben aus der oben genannten Kahmhaut bewirkt werden.

In solchen Kulturen erhält man in der Regel nur kleine Amöben.

Näheres siehe bei Kisskalt u. Hartmann (1). Abbildungen von Rhizopoda s. Tafel: Tiere des Wassers.

II. Gruppe. Schizomycetes, Bacteria (Spaltpilze).

Art der Beobachtung.

Mit bloßem Auge im Freien sichtbar z. B.:

1. Rote Überzüge von Schwefelbakterien (z. B. *Chromatium*, *Lamprocystis*, *Thiopolycoccus*), auf zersetzlichem, schwefelwasserstoffhaltigem Schlamm, verrotteten Blättern und morschem Holz unter Wasser oder auf Fladen an der Oberfläche.
2. Schleierartige, weiße Schlammüberzüge und zarte Uferbesätze von Schwefelfadenbakterien (*Beggiatoa*, *Thiothrix*) in nach Schwefelwasserstoff riechendem Wasser.
3. Fellartige Besätze von Abwasserbakterien (*Sphaerotilus*).
4. Ablagerungen von Eisen- und Manganbakterien in Wiesengräben und Brunnen (*Chlamydothrix*, *Gallionella*, *Crenothrix*, *Clonothrix*).
5. *Zoogloea**)-Klumpen, d. h. Massenanhäufungen von Bakterien zu Schleimklumpen oder -häuten.

Die beistehende Abbildung zeigt den Zoogloea-Test**), d. h. die Bildung einer mehr oder weniger schleimigen Schwimmschicht auf mittelgut gereinigtem, nicht eigentlich faulenden Abwasser.

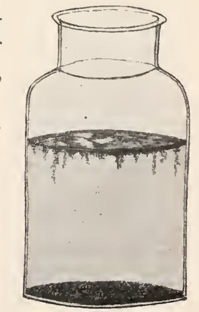


Abb. 38. *Zoogloea*-Test, Schwimmschicht auf unvollkommen gereinigtem, gestandenen Abwasser; ca. 1/3 nat. Gr. (Orig.)

Bei etwa 300facher Vergrößerung gut sichtbar, z. B.:

1. Essigsäure- und Milchsäurebakterien (*Bacterium*) aus Weißbiersatz,

---

*) Wörtlich: Tierchen in Schleim. Bakterien und andere Mikrobien wurden früher vielfach als Tierchen bezeichnet.

**) Dieser Test ist dadurch wichtig, daß er in einem halbgereinigten nicht mehr fäulnisfähigen Abwasser das Vorhandensein unvollkommen zersetzter Nährstoffe andeutet. Durch Rieselböden oder Oxydations- (biologische) Körper gut gereinigte Abwässer sollen eine solche Schicht nicht bilden.

2. Schraubenbakterien (*Spirillum*) aus fauligem Wasser,
3. Tafelkokken (*Lampropedia*) und Paketkokken (*Sarcina*) aus Schlamm usw.

Bei etwa 1000facher Vergrößerung gut sichtbar:

Fast alle Bakterien. Geißeln müssen fast immer gefärbt oder bei guter Dunkelfeldbeleuchtung betrachtet werden.

Man pflegt die meisten Präparate erst bei mittlerer Vergrößerung einzustellen, um die besten Partien herauszufinden.

Ultramikrobien, d. h. Lebewesen von solcher Kleinheit, daß sie mit unseren stärkst vergrößernden Mikroskopen nicht mehr sichtbar gemacht werden können, sind bisher nicht nachgewiesen worden.

Dagegen ist es möglich, mit dem Ultramikroskop von Siedentopf und Zsigmondy unbelebte Teilchen, z. B. kleinste Goldteilchen, von einer Größenordnung nachzuweisen — wenn auch nicht der Form nach zu erkennen —, wie wir sie nach der kinetischen Gastheorie den Molekülen zuschreiben müssen.

Bei Dunkelfeldbeleuchtung, z. B. mittels Paraboloidkondensors, kann man sehr instruktive Bilder von Bakterien erhalten. Die Zellen erscheinen hell auf schwarzem Grunde, und bei beweglichen Formen sind die Geißeln mit aller Schärfe, ebenfalls hell, zu erkennen. Diese weitgehende Definition mikroskopischer Objekte überrascht um so mehr, als sonst die Geißeln nur in seltenen Fällen an getrockneten Exemplaren direkt, sonst nur durch sorgfältige Färbung nach voraufgegangener Beizung wahrzunehmen sind.

Zur Beleuchtung dienen bei solchen Beobachtungen, wie bereits bemerkt, in der Regel Nernstlampen oder andere besonders starke Lichtquellen.

Sollen viele Personen hintereinander das mikroskopische Bild beobachten, empfiehlt sich das Umstellen einer Zeissschen gläsernen Schutzhülle um das Mikroskop, dessen Mikrometerschraube dann (durch Übertragung) von außen hin und her bewegt wird.

Schnelle und einfache Beschaffung von Bakterienrohmaterial.

1. Aus Weißbiersatz.
2. Aus Abwasser (Kanal-, Stalljauche usw.).
3. Aus Sumpfwasser usw., nach Einwerfen von Erbsen, Brotkrümeln, Semmelstückchen, toten Pflanzenteilen, toten Flußschwämmen usw., auch aus dem Wasser der Blumenvasen, das meist auch viele Infusorien enthält.
4. Durch Faulen einer Bohne (mit Schale) im Reagenzglas mit Wasser, das eine Spur Schlamm enthält.
5. Durch Abdrücken einer durchschnittenen Kartoffel oder von Mohrrübenscheiben auf den Fußboden oder durch Bestreichen der Kartoffel mit Brot, das mit schlammigem Sumpfwasser durch-

tränkt ist (nachheriges Feuchthalten unter einer Glocke); es stellen sich auch Schimmelpilze ein.

6. Durch Stehenlassen toter Daphnien in Wasser usw.

Sterilisation.

Die Sterilisation bezweckt allgemeine Abtötung von Keimen, die Desinfektion speziell die Vernichtung pathogener Bakterien. Sterilisieren kann man durch:

1. Kochen (Pasteurisieren geschieht bei 55—60° C); s. Abb. 39.
2. geeignetes Filtrieren; s. Abb. 40.
3. Alkohol, der in einer Konzentration von 70% am besten wirkt.

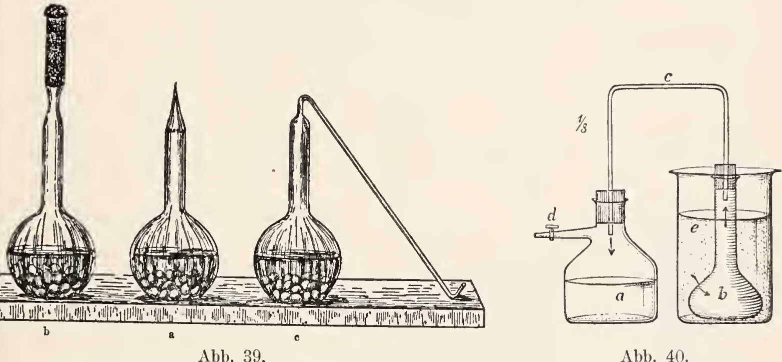


Abb. 39. Abb. 40.

Abb. 39. Historisch berühmte Sterilisationsversuche. Die mit Wasser und Erbsen gefüllten Kölbchen werden erhitzt. Sodann wird *a* (nach Spallanzani, 1785) der Hals zugeschmolzen, *b* (nach Schröter und Dusch, 1857) mit Watte verstopft, *c* (nach Pasteur, 1862) der in eine dünne Röhre ausgezogene Hals hakenförmig umgebogen. Es bilden sich weder Bakterien, noch tritt Fäulnis ein. (Nach Ferdinand Cohn.)

Abb. 40. Bakterienfilter, Tonfilter nach Pukall oder Kieselgurfilter nach Berkefeld zum keimfreien Filtrieren von Flüssigkeiten von außen nach innen. *a* keimfrei filtrierte Flüssigkeit; *b* Filter; *c* Verbindungsrohr; *d* Anschlußstück für die Vakuumpumpe; *e* bakterienhaltige Flüssigkeit.

4. starkes Trocknen und Belichten.
5. Ozon.
6. Formalin usw.

Abtötung von Sporen erfordert meist ganz besonders energisches oder wiederholtes Sterilisieren.

Kulturmedien.

Nährbouillon.

Wasser . . . . 100 ccm
Peptonum siccum (Witte) . . . . 1 g
Liebigs Fleischextrakt . . . . 1 g

Kochsalz . . . . 0,5 g
Zur Erreichung schwacher Alkaleszenz . . . . . wenig Soda (Lackmuspapier!)

Die Flüssigkeit wird am besten im Dampftopf sterilisiert. Nähere Einzelheiten siehe bei Ohlmüller u. Spitta (1), S. 251.

Die meisten Bakterien bevorzugen im Gegensatz zu Schimmelpilzen alkalischen Nährboden.

Pepton kann in solchen Fällen, wo man Eiweiß synthetisieren lassen will, durch Asparagin und milchsaures Ammon ersetzt werden.

Nährgelatine.

Nährbouillon . . . . 100 ccm
Gelatine . . . . . . ca. 10 g
Nährgelatine schmilzt bei ca. 28° C.

Nähragar.

Nährbouillon . . . . 100 ccm
Agar . . . . 1,5—2 g
Nähragar schmilzt bei etwas über 40° C.

Agar (aus Florideen gewonnen) wird im Gegensatz zu Gelatine durch Bakterien nicht verflüssigt (mit Ausnahme von *Bacterium gelaticum*).

Über weitere Nährböden vergleiche man die einschlägigen Hand- und Lehrbücher. Es mag nur noch kurz erwähnt werden, daß ein gutes Substrat für Bakterienwachstum auch Bierwürzegelatine liefern kann, und zwar wegen der unvergleichlich gut ernährenden Malzpeptone.

Reinkulturen in Röhrchen.

Man unterscheidet (s. Abb. 41):

Agar-Strichkulturen,
Agar-Stichkulturen,
Kartoffelkulturen,
Gelatine-Strichkulturen,
Gelatine-Stichkulturen,
Gelatine-Rollkulturen,
Bouillon-Kulturen,
Lackmus-Molke-Kulturen usw.

Die Herstellung solcher Kulturen kann nur schwer beschrieben werden; sie wird am besten in Kursen erlernt. Betreffs Herrichtung der Kartoffelnährböden vergleiche man die nebenstehende Abbildung.

Für schwieriger zu kultivierende Bakterien gilt im allgemeinen der Grundsatz, daß man sie zunächst auf denjenigen Nährböden zu züchten versucht, auf denen sie in der Natur besonders gut wachsen.

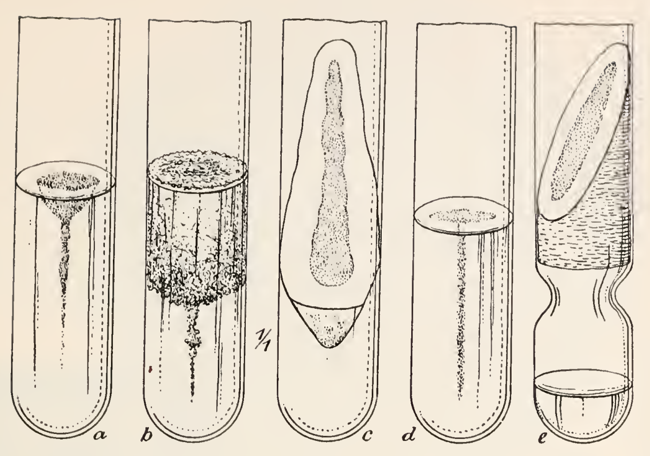


Abb. 41. Bakterienkulturen in Reagenzgläsern. *a* Gelatine-Stichkultur; *b* dgl.; Gelatine bereits stark verflüssigt; *c* Agar-Strichkultur; *d* Agar-Stichkultur; *e* Kartoffelkultur. (Nach R. Kolkwitz.)

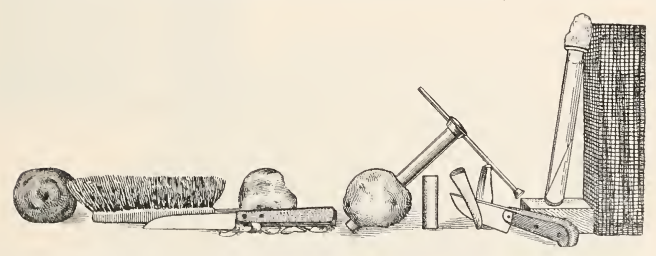


Abb. 42. Herstellung von Kartoffelnährböden. Die Kartoffeln werden gebürstet, gewaschen, für Herstellung von halbierten Zylindern mittels abgeflammten Messers geschält und dann sterilisiert. (Nach L. Heim.)

Kultur durch Plattenguß.

Die Gelatineplatten müssen gut erstarrt sein. Um die Verbreitung der Bakterien in der Natur zu erläutern, seien einige praktische Beispiele angeführt.

	beobachtet nach Tagen	Zahl der Keime (entsprechend den gewachsenen Kolonien)
Kopfhaar von ca. 2 cm Länge (s. Abb.)	8	ca. 50
Zungenberührung	8	0–2
Hauch*)	8	0

*) Flügge hat nachgewiesen, daß bei Hustenstößen ein äußerst feiner Sprühregen entstehen kann, welcher als eine Art Nebel zum Teil stundenlang in der Luft schweben und dadurch etwaige Krankheitskeime verbreiten kann, ähnlich wie durch infektiösen Staub.

Kupfermünze	8	0—2
Nickelmünze	8	einige
Goldstück	8	0—5
Leitungswasser*), 1 ccm (bei Rollröhrchen 0,25 bis 0,5 ccm verwendet)	2 oder mehr	9 pro 1 ccm (Berlin) (gezählt mit schwach vergrößernder Lupe)
Gestandenes Wasser aus Tischtrinkglas; 1 ccm (zum Plattenguß 0,1—0,2 ccm verwendet) . .	2 oder mehr	ca. 1800 pro 1 ccm
Luft (nach ½—1stündigem Offenstehen der Platte)	ca. 20	je nach der Staubmenge 4 bis einige hundert (Bakterien und Schimmelpilze**)
Kontrollplatte	8	0

Vgl. hierzu die Abbildungen.

Abb. 43. Bakterienkolonien an einem menschlichen Haar, auf Nährgelatine gezüchtet. Nat. Größe. (Orig.)

Abb. 44. Reinkultur in F-Form, hergestellt durch Ausstreichen nicht verflüssigender Bakterien (von einer der abgebildeten Petrischälchenkulturen auf eine Gelatineplatte) mittels Platinnadel. Nat. Gr. (Orig.)

Abb. 43.

Abb. 44.

Zu diesen Versuchen waren erforderlich:

ca. 12 Petrischälchen (trocken sterilisiert in einer Kupferbüchse***)),
ca. 12 Röhrchen mit 10 ccm Nährgelatine (für Rollkulturen 5 ccm),
ca. 3 Pipetten à 1 ccm (keine Auslaufpipetten), trocken oder durch Auskochen sterilisiert,
2 sterile, leere Reagenzröhrchen für Wasserentnahme †).

Material für Sammlungen.

Um zu Demonstrationen Bakterienkulturen vorrätig zu haben, kann man solche in verhältnismäßig starkwandigen Gläsern von Reagenzrohr-

---

*) Vgl. Ohlmüller-Spitta (1), H. Klut (1).

**) Unter den Fadenpilzen können *Penicillium* und *Cladosporium herbarum* häufig sein.

***) Eisenbüchsen sind nicht zu empfehlen, da sie leicht rosten. Im Notfall sind die Büchsen auch entbehrlich. Statt normaler Petrischälchen können für qualitative Untersuchungen im Bedarfsfalle kleinere Doppelschälchen verwendet werden.

†) Für Probeentnahmen aus tieferen Schichten eines Gewässers kann man den im Abschnitt Algen erwähnten Abschlagapparat benutzen.



Keime aus Wasser (Bakterien).



Keime aus Straßenluft (Bakterien und Schimmelpilze).

Zwei Petrischälchen mit Bakterienkolonien. Oben: Verflüssigende und nichtverflüssigende Kolonien aus 0,1 ccm Wasser, welches eine Woche lang in einem Trinkglase gestanden hat. Unten: Bakterien- und Schimmelpilzkolonien auf einer Gelatineschicht, welche 1/2 Stunde lang der Straßenluft exponiert war. Nat. Gr. (Orig.)

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



form auf festem Nährboden züchten, durch Zusatz von einigen Tropfen Formalin konservieren und die Röhrchen zuschmelzen lassen. Die Röhrchen können dann in ähnlicher Weise in Etuis aufbewahrt werden, wie es für das Plankton empfohlen ist.

Man kann auch nichtverflüssigende Kolonien (z. B. von *Bacterium coli*) auf Gelatine in Petrischälchen züchten, die Innenseite des Deckels zum Abtöten des Materials mit etwas Formalin bestreichen und den Spielraum zwischen Deckel und Boden mit Paraffin ausgießen*). Solche Präparate sind vorzüglich haltbar, lassen sich auch in flachen runden Büchsen, am besten aus Kupfer, sehr bequem in der Tasche transportieren.

Zum Färben von Bakterien streiche man die zu behandelnden Objekte in dünner Schicht auf reinem Objektträger oder Deckgläschen aus (mit Platindraht oder Deckgläschenkante) und lasse sie antrocknen. Hierzu und zu dem Folgenden vgl. Abel (1).

Hierauf wird mit frisch bereiteter Fuchsinflüssigkeit (destilliertes Wasser 50 ccm, konz. abs. alkoholische Fuchsinlösung 5 ccm) unter gelindem, kurzem Erwärmen gefärbt, abgespült, getrocknet und in Kanadabalsam oder Zedernöl eingebettet**). *Bacterium tuberculosis* (s. dort) muß ebenso wie Sporenmaterial seiner schweren Färbbarkeit wegen in wirksamerer Weise behandelt werden.

Das Färben der Bakterien zur bloßen Sichtbarmachung der äußeren Form hat in der Regel nur dann Wert, wenn man Dauerpräparate anlegen will.

Man kann nach Burri auch in der Weise verfahren, daß man die Bakterien mit chinesischer Tusche (Pelikantusche) vermischt, auf dem Objektträger in dünner Schicht ausstreicht und dann antrocknen läßt.. Die Bakterien erscheinen dann hell auf schwarzem Grunde.

Zur Geißelfärbung bei Bakterien ist in der Regel vorheriges Beizen mit Tanninlösung erforderlich [vgl. C. Günther (1) u. a. m.].

An gutem, lebendem Material, das am besten nicht über 20 Stunden alt ist, kann man die Geißeln, wie bereits erwähnt, bei Dunkelfeldbeleuchtung sehen (Paraboloidkondensor).

Viel leichtere und einfachere Geißel- und Wimperstudien lassen sich an lebenden Ciliaten und an *Euglena* machen.

---

*) Schalen von hierfür besonders geeigneter Form sind im Handel zu haben.

**) Will man auf die Objektträger direkt schreiben, so tauche man die betreffenden Stellen zuvor in eine Lösung von etwas Zelloidin in Alkohol-Äthergemisch. — Neuerdings verwendet man auch flüssiges Paraffin statt Cedernöl zum Einbetten der Präparate.

System und Physiologie der Schizomycetes (Bacteria)*).

(Abbildungen siehe auf Tafel „Pflanzen des Wassers“ und im Text.)

1. Coccaceae, Kugelbakterien.
   Streptococcus mesenterioides, *Lampropedia hyalina*, *Micrococcus phosphoreus*, *Sarcina paludosa.*
2. Bacteriaceae, Stäbchenbakterien.
   A. Geißeln fehlend oder peritrich.
      I. Ohne Sporen . . . . *Bacterium*
      II. Mit Sporen . . . . *Bacillus*
   B. Geißeln polar, einzeln oder in Büscheln; Zellen nicht schraubig. ..... *Pseudōmonas.*

Bacterium aceti	*Bacillus subtilis*
„ *lactis acidi*	„ *amylobacter*
„ *coli*	„ *calfactor*
„ *prodigiosum*	„ *cellulosae*
„ *vulgare*	*Pseudomonas fluorescens*
„ *denitrificans*	„ *violacea*
„ *nitrobacter*	„ *europaea.*
„ *radicicola*	
„ *tuberculosis*	

3. Spirillaceae, Schraubenbakterien.
   Microspira desulfuricans
   Spirillum undula.
4. Chlamydobacteriaceae, Scheidenbakterien.
   Crenothrix polyspora
   Sphaerotilus natans.
5. Beggiatoaceae, farblose Schwefelbakterien.
   Beggiatoa alba.
6. Rhodobacteriaceae, Purpurbakterien (mit und ohne Schwefel).
   Chromatium okenii
   Rhodospirillum.

Besprechung von zahlreichen Beispielen siehe bei R. Kolkwitz (3).

Streptococcus mesenterioides. Froschlaichpilz.

Bildet Kugelketten mit dicken Gallerthüllen in Baumflüssen; kann Dextrangärung des Zuckerrübensaftes verursachen.

Micrococcus phosphoreus. Leuchtbakterie.

Zur Kultur lege man ein Stück käuflichen, möglichst nicht faulen Schellfischfleisches in eine Doppelschale von beispielsweise 15 cm Durchmesser und übergieße es soweit mit einer 3%igen Kochsalzlösung, daß der obere Teil des Fleisches noch aus der Flüssigkeit emporragt. Schon am nächsten Tage wird man im Dunkeln ein deutliches Leuchten des Fleisches wahrnehmen. Unter Umständen kann es vorteilhaft sein, die Schale in

*) Die Verwandtschaft vieler Spaltpilze mit den Spaltalgen unterliegt keinem Zweifel, doch stehen serologische Versuche zur experimentellen Ermittlung der Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen nach den Methoden von Friedenthal, W. Magnus und C. Mez noch aus.

den Eisschrank zu stellen, sie besonders im Sommer auf nicht mehr als etwa 6° C zu halten, um die gleichzeitige Entwicklung anderer Bakterien, besonders Fäulnis bewirkender, zu hemmen.

Um Reinkulturen zu gewinnen, tupfe man die am stärksten leuchtenden Stellen mit einem sterilen Wattekügelchen (Reagenzglas, Trockenschrank!) ab und streiche mit diesem über erstarrte Nährgelatine mit 3 % Kochsalz in Petrischälchen, und zwar mit demselben Bausch über drei Platten je ca. viermal. Dann erhält man nach 1—2 Tagen helleuchtende Striche und Punkte, von denen leicht Reinkulturen gewonnen werden können. Bei Betrachtung mit 3—14fach vergrößernden Lupen sieht man das grünliche Licht besonders schön erstrahlen, auch im Halbdunkel.

Man kann ferner in der Weise verfahren, daß man ein Stück ungekochten Rindfleisches von reichlich Walnußgröße in eine Kristallisierschale von mäßigem Durchmesser legt und mit einer 3%igen Kochsalzlösung soweit übergießt, daß es zum Teil noch über die Flüssigkeit hinausragt. Das ganze wird dann zum Feuchthalten in eine wasserhaltende Doppelschale gesetzt und, vor grellem Licht geschützt, etwas kühl aufbewahrt. Das Leuchten des Fleisches beginnt in etwa 80% der Versuche meist nach etwa 2 Tagen und dauert durchschnittlich 3—4 Tage. Sobald das Fleisch anfängt zu faulen, ist die richtige Zeit zum Beobachten des Phänomens schon verpaßt. Man vergleiche Lafar (1) und Molisch (2). Abbild. s. auf der Tafel „Pflanzen des Wassers“.

Das Leuchten scheint meist eine chemische Begleiterscheinung gewisser physiologischer Vorgänge zu sein. Beim Johanniskäfer (*Lampyris*) dürfte es als Erkennungsmittel der Geschlechter dienen. Das Leuchten vieler Tiefseefische, z. B. von *Melanostomias*, unterstützt offenbar die Funktion der Augen.

Wegen Meeresleuchten vergleiche auch *Ceratium tripos* und *Noctiluca miliaris.*

Lampropedia hyalina. Farblose Tafelkokken.

Bildet zierliche farblose Täfelchen oder größere Flächen von in einer Ebene gelagerten Kokken. Diese Anordnung ist dadurch bedingt, daß die Zellen sich, ähnlich wie bei der blaugrünen Spaltalge *Merismopedia*, nach zwei Richtungen des Raumes teilen. Vgl. Tafel: Pflanzen des Wassers.

Die Täfelchen können planktonisch sein, während größere Häute Überzüge auf Schlamm oder auf der Wasseroberfläche über dem Schlamm bilden.

Der Organismus ist geeignet, die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Spaltpilzen und Spaltalgen zu zeigen.

Die Parallelform unter den Schwefelbakterien ist *Thiopedia rosea.*

Lampropedia gehört zu den verhältnismäßig wenigen Spaltpilzen, zu deren sicherem Erkennen die Morphologie genügt.

Sárcina paludosa. Sumpf-Paketkokken.

Name von sárcina = Paket, nicht von sarx (Fleisch). Verdeutscht Sarcīnen betont.

Dieser Spaltpilz lebt in Form eingeschnürter paketartiger farbloser Kolonien, hauptsächlich in solchem Schlamm, der durch Zersetzung einen etwas teerigen Geruch angenommen hat. Er lebt offenbar anaerob und bildet wahrscheinlich Methan und Wasserstoff. Vgl. Tafel: Pflanzen des Wassers.

Weitere Vertreter der Gattung sind:

Sarcina aurantiaca, häufig im Staub der Luft,
,, *viscosa*, verdirbt Bier,
,, *ventriculi*, im Magen von Menschen und Tieren gefunden.

Bacterium aceti. Essigpilz, Essigstäbchen.

Der Essigpilz kann in Gemeinschaft mit Hefe leicht im Bodensatz von Weißbier aufgefunden und bei etwa 300facher Vergrößerung beobachtet werden. Er bildet unbewegliche Stäbchen von mehr oder weniger langgestreckter, bisweilen etwas gebogener Form (s. Abbild. 45), welche in Essigsäurebottichen zusammenhängende, schleimige und zähe Häute bilden können (Essigmutter). Näheres siehe bei Lafar (1), Bd. V.



Abb. 45. *Bacterium aceti*, Essigsäurepilz, an einer Stelle zu einer Haut zusammengelagert. 1000fach vergr. (Nach E. Chr. Hansen.)

Die Essigsäurebildung ist ein Oxydationsprozeß und verläuft nach der Formel:

$$\underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O} + O_2 = \underset{\text{Essigsäure}}{C_2H_4O_2} + H_2O.$$

Alle Essigsäurebakterien sind gegen Alkalien, anorganische Säuren und eine Reihe spezifischer Desinfizientien sehr empfindlich; Essigsäure wird bis höchstens 1% ertragen, Alkohol bis 10%.

Das Temperaturoptimum liegt zwischen 25° und 30°, das Maximum bei etwa 50° C.

Ausreichende Berührung der oxydierenden Bakterien mit Luft ist durchaus nötig, wie schon aus der Umsetzungsgleichung hervorgeht.

Wenn man in ein Petrischälchen Gelatine-Traubenzucker-Kreideplatten ausgießt und mit wenig Weißbiersatz vermischt, so bilden sich um die Kolonien der Essigsäurebakterien durchsichtige Höfe, da sich hier der ungelöste kohlensaure Kalk in gelöstes essigsaures Kalzium umwandelt.

Bacterium xylinum bildet zähe Gallerthäute, die unter anderem auch auf schwach gezuckertem Tee leicht zu züchten sind.

Bacterium lactis acidi. Milchsäurebakterium.

Der Milchsäureerreger kann nach P. Lindner ähnlich gewonnen werden wie der Buttersäureerreger, nur wende man 50° C an.

Die Milchsäurebildung ist eine Spaltungsgärung nach der Formel:

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{Milchsäure}}{2\,C_3H_6O_3}.$$

Am bekanntesten ist die Säuerung der Milch durch diesen und verwandte Erreger. Milchsäure findet sich reichlich auch in saueren Gurken, im Sauerkohl und im Sauerteig.

$$\underset{\text{Milchzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Milchsäure}}{4\,C_3H_6O_3}.$$

Milchsäure wurde ursprünglich aus Milch hergestellt, während sie jetzt technisch im Großen durch künstliche Gärung des Rohrzuckers oder der Stärke bereitet wird.

Nach den Untersuchungen von Metschnikoff wirken Milchsäurebakterien wohltätig bei der Regelung des Stoffwechsels im menschlichen Darm (Yoghurt). Solche Bakterien finden sich neben Hefen auch im Kefir, einem schon seit alten Zeiten in den Kaukasusländern aus Milch hergestellten alkoholhaltigen Getränk. Kumys, ein ähnliches Getränk, wird meist aus Stutenmilch bereitet. Abbildungen und Beschreibungen s. bei F. Lafar (1), Bd. 2.

Bacterium lactis acidi liebt nur geringen Zutritt von Luft. Es bildet unbewegliche Stäbchen. Sporen fehlen, wie bei *Bacterium* überhaupt.

Bacterium coli. Darmbakterie.

Lebt im Darm des Menschen und sehr vieler, besonders warmblütiger Tiere; aber auch im Darm von Fliegen. Die Stäbchen dieses beweglichen *Bacterium* können leicht in Ausstrichen von Fäzes auf Objektträger beobachtet werden, besonders nach Färbung mit Fuchsinlösung. Ist äußerlich dem *Bacterium typhi* ähnlich. Über die Gärungsprobe bei 46° C auf *B. coli* als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung vergleiche man C. Eijkman (1).

Bacterium phytophthorum. Pflanzenzerstörendes Bakterium.

Erreger der Schwarzbeinigkeit der Kartoffel, durch welche Kraut und Knollen geschädigt werden können. Vgl. Tafel: parasitische Pilze. Die Pflanzen pflegen plötzlich von unten her abzusterben und umzufallen. Dieses Bakterium ist auch pathogen für Tomate (*Solanum lycopersicum*), *Lupinus*, Gurke (*Cucumis sativus*), Mohrrübe (*Daucus carota*) u. a. m.

Die günstigste Entwicklung findet dieser Erreger und der ihm verwandte Formenkreis in feuchtwarmen Jahren auf dem Felde und zur

Winterszeit in den Kartoffelmieten. Bezüglich der Bekämpfung vgl. O. Appel (1).

Bacterium prodigiosum. Wundermonade, Hostienpilz.

Dieser Spaltpilz wird seiner intensiv roten Farbe ($C_{38}H_{56}NO_5$) und deshalb meist leichten Erkennbarkeit wegen vielfach als Versuchsobjekt verwendet. Er wächst gut auf Kartoffeln, Polenta, Agar und Gelatine.

Bacterium vulgare. Fäulnisbakterium.

Findet sich in fauligem Fleischwasser, Erbsenwasser, Kanaljauche usw., verursacht stinkige Zersetzung der Eiweißkörper unter reichlicher Bildung von Schwefelwasserstoff. Abbild. s. Tafel: Pflanzen des Wassers.

Es bildet schlanke, bewegliche Stäbchen von mannigfaltiger Form, besonders der Verbände. Man hat ihn deshalb auch *Proteus* genannt. *Bacterium termo* ist ein Sammelname für Gemische verschiedener Fäulnisbakterien. *Bacterium vulgare* wächst aerob und anaerob.

Aus Harnstoff wird Ammoniak gebildet, wobei aber wohl noch *Micrococcus ureae* mitwirkt.

Man fülle baterienhaltige Stalljauche in eine Kristallisierschale und bedecke diese vollständig mit einer Glasplatte. Nach einiger Zeit wird sich ein intensiver Ammoniakgeruch (z. T. aus Harnstoff) bemerkbar machen. Lüftet man die Glasplatte ein wenig und bringt einen Glasstab mit konzentrierter Salzsäure in die Nähe, so entwickeln sich weiße Salmiakdämpfe.

Bacterium denitrificans. Salpeterfresser.

Bildet aus Nitraten und Nitriten freien Stickstoff und kann dadurch unter anderem den Wert des Dunges beeinträchtigen.

Bacterium nitrobacter. Salpeterbakterie.

Wiewohl die Salpeterbakterien des Chlorophylls entbehren, sind sie doch keine Saprophyten, sie vermögen sich autotroph zu ernähren, ähnlich wie es von *Beggiatoa* gilt. Den Gewinn ihrer Betriebsenergie (Atmung) ermöglichen sie durch Oxydation von anorganischen (nicht organischen) Stickstoffverbindungen zur höchsten Oxydationsstufe, den Nitraten, z. B.

$$\underset{\text{Nitrit}}{NaNO_2} + O = \underset{\text{Nitrat}}{NaNO_3}$$

Es findet also keine Kohlenstoffatmung statt. Andere Bakterien sind imstande, den elementaren Stickstoff zu Salpeter zu oxydieren, während einige nur Ammoniakverbindungen in Nitrite umzuwandeln vermögen, z. B. *Pseudomonas europaea.*

Salpeterbildung aus organischer Substanz findet reichlich in Rieselböden und biologischen Körpern statt (s. d. Abbild.), in welchen

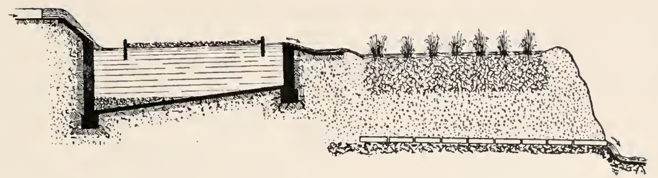


Abb. 46. Schematischer Querschnitt durch ein Rieselfeld mit vorgeschaltetem Absitzbecken. Am Zulauf: Abwasser, vorwiegend eiweiß- und ammoniakhaltig. Im Vorbecken: Abwasser, Sinkstoffe und Schwimmschicht. Auf dem Rieselfeld: Graskulturen. Im Boden: Drainröhren; über diesen der reinigende und filtrierende Sand. Am Auslauf: Nitrathaltiges Drainwasser. Das aufgeleitete Wasser braucht zum Passieren des Bodens etwa 1 Stunde. (Orig.)

Abb. 47. Biologischer Tropfkörper. Das fäulnisfähige Abwasser wird durch einen Drehsprenger über einen Schlackekörper verteilt und beim Passieren desselben durch Organismentätigkeit in etwa 10 Minuten fäulnisunfähig gemacht.

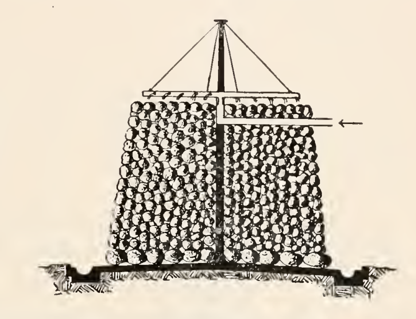




Abb. 48. Biologische Tropfkörper der Stadt Wilmersdorf bei Berlin. Der Durchmesser jedes Körpers beträgt 20,0 m, seine Höhe 2,5 m. (Nach R. Kolkwitz.)

gleichzeitig eine komplizierte biologische Oxydationsreinigung stattfindet, Absorption und Regeneration wechseln bei intermittierendem Betrieb miteinander ab*). In den Drainabflüssen beider gelingt der Nachweis salpetersaurer Salze leicht, z. B. durch die Diphenylamin-Schwefelsäure-Reaktion (Blaufärbung). Ammoniak wird durch das Neßlersche Reagenz (ein in konzentrierter Alkalilauge gelöstes Doppelsalz von Kaliumjodid und Quecksilberjodid) nachgewiesen. Es bewirkt Gelbfärbung des Wassers; vgl. H. Klut (1).

Salpeterplantagen sind mit Jauche übergossene Kalkhaufen.

Rezept für Rohkulturen von Salpeterbakterien:

Wasser	100 ccm
$(NH_4)_2SO_4$	0,05 g
KH_2PO_4	0,1 g
$MgCO_3$	1 g
Erde (z. B. von Rieselfeld oder biologischem Körper)	kleine Menge
Wartezeit	bis einige Monate
Kulturgefäß	Erlenmeyerkolben oder dgl.

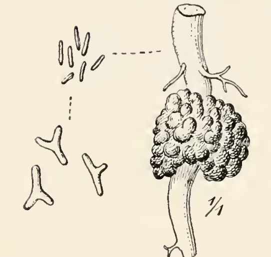


Abb. 49. *Bacterium radicicola.* Bakterienknöllchen der Lupine, daneben 1000fach vergrößerte Bakterien und Bakteroiden.

Bacterium radicicola. Knöllchenbakterium.

Die Knöllchenbakterien finden sich besonders in knotigen Wurzelanschwellungen der Leguminosen. Sie können hier förmliche Nester bilden. Sie sammeln den Stickstoff der Luft, der dann den bewohnten Pflanzen zu gute kommt. Hierauf beruht der Wert von Gründüngung durch Lupinen.

Die Wurzeln mit den Knöllchen eignen sich zu Formolpräparaten.

Bacterium tuberculosis. Tuberkelbakterie; s. Abb.

Sputumschleim wird zum Färben in dünner Schicht auf den Objektträger oder auf das Deckgläschen ausgestrichen, antrocknen gelassen und dreimal kurz durch die Flamme gezogen. Hierauf wird käufliche Ehrlichsche Anilinwasser-Farbstofflösung oder Ziehlsche Karbolfuchsinlösung auf das Präparat aufgetröpfelt, das ganze über der Gasflamme etwa eine halbe Minute lang bis zum Aufwallen erhitzt und noch eine Minute lang warm gehalten. Dann wird abgespült, kurz mit 3%igem Salzsäurealkohol (100 ccm

*) Biologische Körper können für Laboratoriumsversuche auch im kleinen hergestellt werden.

abs. Alkohol, 3 ccm Salzsäure) oder H_2SO_4-Alkohol ausgewaschen, wieder abgespült und mit schwacher, meist wässeriger Methylenblaulösung nachgefärbt. Hierauf wird das Präparat getrocknet und in Kanadabalsam oder Zedernöl eingebettet, nachdem man es vorher ohne Deckgläschen durchmustert hat. Die Tuberkelbakterien des Präparates erscheinen rot, die Gewebepartien blau; man benutze zur mikroskopischen Betrachtung Ölimmersion; vgl. auch C. Günther (1).



Abb. 50. Tuberkelbakterien aus einem gefärbten Schnitt durch eine Bronchialdrüse, in situ am Rand einer kleinen Arterie. Vergr. 500 fach. (Nach Rob. Koch.)

Bacillus subtilis. Heubazillus.

Dieser weit verbreitete Bazillus findet sich im Boden, im Abwasser, in Jauche, auf Mist usw. An der Oberfläche von Jauche kann er Häute bilden. Bei 30° C wächst er reichlich auf ungehopfter Würze, findet sich auch in dünnen Bieren, die in der Regel einen muffigen Himbeergeruch bekommen und dann „Limonadenbiere" genannt werden. Heubazillus heißt er deshalb, weil er auf Wasser, in welchem Heu abgekocht wird, Häute bildet. Seine sehr widerstandsfähigen, ovalen Sporen ertragen die Siedehitze. Gerade darauf beruht die Gewinnung reiner Kulturen durch Kochen von Heuinfus.

Nach den Untersuchungen von A. Nestler (1910) werden die Sporen des Heubazillus über 92 Jahre alt; sie fanden sich noch lebensfähig in der Erde von Moosen aus alten Herbarien.

Sporenpräparate werden — ähnlich wie Tuberkelbakterien in Schleim oder Gewebe — doppelt gefärbt, nur koche man 5—6 mal mit der Fuchsinlösung auf. Die vegetativen Partien erscheinen im Präparat blau, die Sporen rot (Doppelfärbung).

B. subtilis gehört zu den schnell beweglichen Spaltpilzen; er legt bis 10 μ pro Sekunde zurück. Abbild. s. auf Tafel „Pflanzen des Wassers".

Bacillus amylobacter. Buttersäurebazillus.

Zum Auffinden von Buttersäurebazillen (s. die Abbild.) übergieße man nach P. Lindner eine größere Portion zermahlener Malzkörner (vgl. das Kapitel über Stärkeverzuckerung) mit dem 2—3fachen Quantum Wasser in einem Erlenmeyerkölbchen und verschließe dieses mit einem Wattestopfen. Hält man das Ganze bei 40° C, so wird bald Geruch nach

Buttersäure (wie bei ranziger Butter) auftreten. Ihre Bildung erfolgt wahrscheinlich nach der Formel:

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{Buttersäure}}{C_4H_8O_2} + 2\,H_2 + 2\,CO_2$$

Nach O. Emmerling (2) koche man Milch und bringe sie in fest verschlossene Flaschen. Beim Aufbewahren bei ca. 37° C tritt eine sehr lebhafte Buttersäuregärung ein, deren gasförmige Produkte bisweilen die Flaschen zertrümmern. In diesem Falle wird die Buttersäure aus Milchsäure ($C_3H_6O_3$) gebildet. (Methode nach Botkin.)

Der Buttersäurebazillus findet sich auch in den meisten Erdbodenarten. Er entwickelt sich obligat anaerob, d. h. ohne Gegenwart von Sauerstoff. Es scheint aber auch Arten zu geben, welche aerob Buttersäure erzeugen.

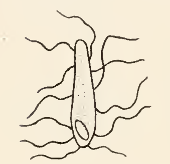





Abb. 51. *Bacillus amylobacter.* Zelle mit Geißeln (nach Löffler gefärbt), mit beginnender Sporenbildung. Verschiedene Formen sporenhaltiger Zellen bei sehr starker Vergrößerung. (Nach Bredemann.)

Anaerobe Bakterien scheinen Stoffe ausscheiden zu können, welche begierig Sauerstoff an ziehen und dadurch eine chemische Schutzhülle für die Zellen bilden.

Die Stäbchen des *Bacillus amylobacter* sind beweglich; bei der Sporenbildung (die allen Arten der Gattung *Bacillus* eigentümlich ist) werden sie, wie die Abbildung zeigt, meist spindelförmig, keulig oder trommelschlägelförmig. Sie sind imstande, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren und sind vielleicht im Verein mit *Azotobacter* an der stickstoffbereichernden Wirkung der Brache des Bodens beteiligt.

Zur Herstellung von Reinkulturen der Anaerobien kann man einen Buchnerschen Apparat verwenden.

Nach Herzfeld und Paetow sind Butter- und Milchsäureerreger Schädiger von Zuckersirupen. Man kann nach den genannten Autoren ihre schädigenden Wirkungen durch Zusatz von Flußsäure, Fluorammonium und Fluornatrium hemmen.

Bacillus calfactor. Heizungsbazillus.

Dieser Spaltpilz ist in erster Linie an der Selbsterwärmung des Heus beteiligt, in welchem er bei 70° C vegetieren kann.

Bacillus cellulosae methanicus. Sumpfgasbildner.

Der Erreger der Sumpfgasbildung ist durch die intensive Gasbildung bekannt, welche er durch Zersetzung von Zellulose erzeugt. Das brenn-

bare Methan wird in Sümpfen, Teichen, Faulkammern (s. Abbild. und K. Thumm) oft in großen Mengen beobachtet, findet sich auch in dem

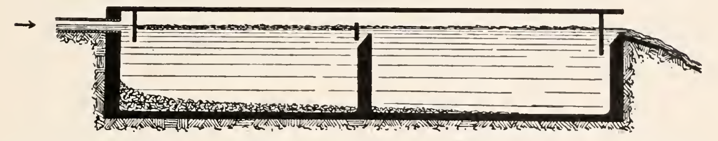


Abb. 52. Zwei hintereinander geschaltete Faulräume (englisch: septictanks) im Querschnitt. Stark verkleinert. Das einströmende Abwasser entledigt sich im ersten Becken seiner gröberen Sinkstoffe und bildet unter dem Schutze zweier Eintauchbretter eine feste Schwimmdecke; im zweiten Becken sind die Ablagerungen nur noch relativ gering. Aus dem Schlamm bildet sich unter dessen teilweiser Verzehrung viel Methan, aus den gelösten, oft weitgehend zersetzten Faulstoffen des Wassers viel Ammoniak infolge Mineralisation durch Bakterien.

Darm von Wiederkäuern. Reine Baumwollzellulose (z. B. Fließpapier) wird leichter angegriffen als Holzzellulose. Vgl. Näheres bei Omelianski in Lafar (1). Siehe auch H. Pringsheim (1).

Pseudomonas*) (fälschlich *Bac.*) **fluorescens.** Fluoreszierender Spaltpilz.

Ein ständiger Bewohner der Wässer und des Bodens. Auf Gelatineplatten an der Bildung eines grünlich fluoreszierenden Farbstoffes kenntlich.

Pseudomonas (fälschlich *Bac.*) **violacea.** Veilchenblauer Spaltpilz.

Kenntlich an der Bildung dunkelvioletter Kolonien auf Gelatine- oder Agarplatten.

Pseudomonas (*Nitrosomonas*) **europaea.** Nitritbildner.

Bildet aus Ammoniaksalzen Nitrite und ernährt sich autotroph.

$$\underset{\text{Ammoniakverbindung}}{(NH_4)_2CO_3} + 3\,O_2 = \underset{\text{(Nitrit)}}{2\,HNO_2} + CO_2 + 3\,H_2O.$$

Microspira desulfuricans. Gipszerstörer.

Die Techniker sagen bisweilen, Gips faule unter Wasser. Es handelt sich dabei nach den Untersuchungen von Beijerinck (1) um die Reduktionswirkungen durch diese im Sumpf lebende *Microspira*:

$$CaSO_4 + \underbrace{8\,H}_{\text{Reduktionsmittel}} = 4\,H_2O + CaS,$$

$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S.$$

Man kann den Prozeß im Laboratorium, besonders bei höherer Thermostatenwärme, leicht nachahmen.

*) *Pseudomonas* ist, wie schon vorher bemerkt, polar begeißelt, *Bacterium* und *Bacillus* diffus, wenn überhaupt mit Cilien versehen.

Spirillum undula. Schraubenbakterie.

Tritt fast stets auf, wenn man frisches städtisches Abwasser eine Zeit lang (einige Tage und mehr) stehen läßt. Solches Wasser pflegt eine wahre Fundgrube für Bakterien und Protozoen, besonders farblose Flagellaten und Ciliaten, zu sein. Häufig auch in Tümpeln mit stark zersetztem Laub und in Jauche aus Kuhställen.

Berührt man mit der Fläche eines Deckgläschens die oberflächliche Schicht einer solchen (gestandenen) Flüssigkeit, so erhält man meist ausgezeichnete Klatschpräparate.

Eisenbakterien.

Crénothrix polyspora. Brunnenfaden (s. Taf. „Eisenbakterien").
(Name von crenos = Quelle, Brunnen und thrix = Haar.)

Der Brunnenfaden gehört zu den *Chlamydobacteriaceae*, bei denen die Zellfäden wie ein Säbel in einer Scheide stecken. Er rechnet mit *Chlamydothrix ochracea*, *Gallionella ferruginea*, *Clonothrix fusca* und *Siderocapsa treubii* zu den Eisen- und Manganbakterien, welche sich gern an Lokalitäten finden, welche einen gewissen Gehalt an Ferrobikarbonat [$Fe(HCO_3)_2$] aufweisen, z. B. Wiesengräben, Grundwässer, Fließufer.

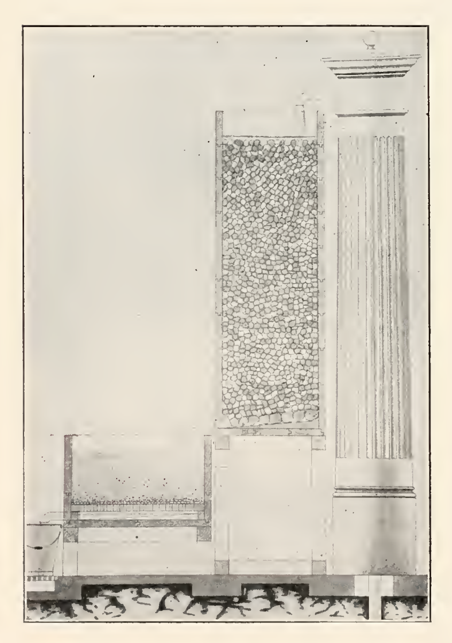
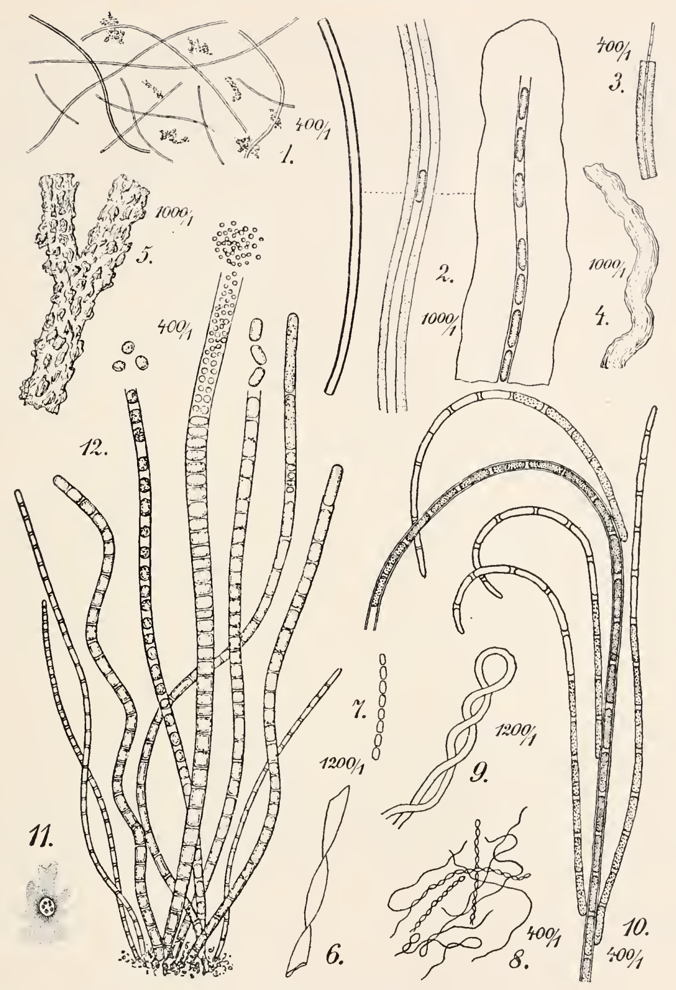


Abb. 53. Enteisenungsanlage für Brunnenwasser, bestehend aus Rieselkörper und Sandfilter. Es werden Eisenverbindungen und z. T. auch organische Substanzen entfernt.

In Wasserwerken, Brunnen usw. entwickeln sich Eisenbakterien oft massenhaft und können dann zu Kalamitäten beitragen. Diese werden in der Regel dadurch vermieden, daß man die Eisenverbindungen durch Rieseln unter Belüftung (Enteisenungsanlagen) ausfällt und dann abfiltriert. (S. die Abbild. einer Enteisenungseinrichtung). Die Berliner Wasserleitung wurde besonders in den Jahren 1877 und 1878, in denen man Enteisenungsverfahren noch nicht kannte, von einer schweren *Crenothrix*-Kalamität heimgesucht.



Eisenbakterien.

1 Chlamydothrix ochracea, Scheiden und Flöckchen von Eisenoxydhydrat.
2 „ Scheiden mit und ohne Gallert, im Innern einzelne Zellen.
3 „ Faden mit deutlich inkrustierter Scheide.
4 „ alte Scheide mit starken Einlagerungen von Eisenoxydhydrat.
5 „ zwei mit ihren Scheiden verklebte alte Fäden; mit Ein- und Auflagerungen von Eisen- und Manganoxydhydrat.
6 Gallionella ferruginea, zwei verklebte Fäden *(Spirophyllum?).*
7 „ mutmaßlicher junger Faden.
8 „ gekrümmte und verschlungene Fäden.
9 „ verschlungener Faden, stark vergrößert.
10 Clonothrix fusca, Faden mit unechten Verzweigungen.
11 Siderocapsa treubii, Vergr. ca. 700fach.
21 Crenothrix polyspora, Fäden in verschiedenen Entwicklungsstadien.
(Orig.)

Über die Reinkultur von Eisenbakterien vergleiche man die Arbeiten von Molisch (3). Danach gelingt es, diese Organismen auch ohne nachweisbare Mengen von Eisenverbindungen zu normaler Entwicklung zu bringen, doch ändern solche Versuche mit Reinkulturen nichts an der Tatsache, daß die hier behandelten Bakterien in der freien Natur eisenhaltige Standorte bevorzugen. Wahrscheinlich verwenden sie hier Eisenazetat und ähnliche Verbindungen. Vgl. Kolkwitz (3). Es besteht die Annahme nicht zu Recht, daß alle Eisenbakterien mineralisch atmen nach der Formel:

$$\underset{\text{(Ferrobikarbonat)}}{2\,Fe(HCO_3)_2} + O + H_2O = \underset{\text{(Eisenoxydhydrat)}}{Fe_2(OH)_6} + 4\,CO_2$$

Fäden von Eisenbakterien erhält man oft, wenn man 100 l und mehr Leitungswasser in starkem Strahl durch ein Planktonnetz oder Planktonsieb abfiltriert. Diese Methode, sich schnell Eisenbakterien zu verschaffen, ist an vielen Orten überraschend einfach.

Gute Exemplare der Eisenbakterien eignen sich ausgezeichnet zur Anfertigung von mikroskopischen Dauerpräparaten in Glyzeringelatine. Die Bräunung der Scheiden von *Crenothrix* durch Eisen- oder Manganverbindungen ist meist schwach, doch geben die Präparate gute Bilder von der Form und Entwicklung dieses hochdifferenzierten, fast größten aller Spaltpilze. Die Vermehrung geschieht durch Fadenzellen, große Sporen und kleine Sporen. Fäden, welche einem braunen Eisenockerschleimklumpen in größerer Zahl aufsitzen, gewähren nicht selten das Bild eines mit Erdballen ausgerissenen Grasbüschels.

Chlamydothrix ochracea. Gemeine Eisenbakterie (s. Taf.).

(chlamys = Mantel, Scheide und thrix = Haar.)

Sehr häufig in ockerhaltigen Wiesengräben, Grundwasserwerken usw. Zellen ohne Scheide meist ca. 1 μ dick. Scheide in der Jugend dünn und wenig gefärbt, später sich verdickend und gelb bis braun werdend. Knorrige, alte Fäden sind bisweilen mit Stielen von *Anthophysa* verwechselt worden.

Gallionella ferruginea. Gedrehte Eisenbakterie.

(1823 nach Gaillon, Zolleinnehmer in Dieppe, benannt.)

Besonders in Eisenquellen häufig und unter dem Mikroskop durch seine gewundene Gestalt auffallend (s. Abbild.). Fäden häufig auch gestreckt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß *Gallionella* nur eine Kümmerform von *Chlamydothrix* ist.

Clonothrix fusca. Verzweigte Eisen- und Manganbakterie.

(Name von clonos = Zweig.)

Eine stattliche und besonders durch ihre Verzweigung charakteristisch aussehende Eisenbakterie in Grundwässern und in der Uferregion von

Oberflächengewässern. Scheide stets deutlich wahrnehmbar, im Gegensatz zu *Crenothrix* stark inkrustiert.

Farbe der Scheiden selten weißlich, meist gelbbraun (durch Eisen) bis dunkelbraun (durch Mangan). Kann braun bis schwärzlich erscheinende, mehr oder weniger flockige Schlammabsätze in Brunnen und Hochbehältern von Wasserleitungen bilden. Oft in Gesellschaft von *Crenothrix*. Anhäufungen von manganhaltigen Fäden erscheinen dunkel wie Kaffeegrund, manchmal fast schwarz.

Das Mangan läßt sich leicht und einfach dadurch nachweisen, daß man eine Probe solchen Materials auf dem Platinblech mit einem trockenen Soda-Salpetergemisch in der bekannten Weise schmilzt. Es entsteht dann eine sehr deutliche blaugrüne Farbe.

Clonothrix ist physiologisch bisher so gut wie gar nicht studiert.

Siderocapsa treubii. Eisenkugelbakterie.

(Name von sideros = Eisen, capsa = Kapsel, Hülle und Treub, holländ. Botaniker [1851—1910], früher Direktor des botanischen Gartens in Buitenzorg auf Java.)

Neuerdings von Molisch beschrieben. Bildet kleine (bis 20 μ große) braune Flecken auf *Elodea*, *Vaucheria*, *Cladophora* u. a. m., welche in den Planktonkammern mit Lupen leicht beobachtet werden können. Bisweilen entstehen auch durch Verschmelzen von Kolonien förmliche Überzüge. Zellen kugelig. Kolonien nicht mit Haftscheiben von Fadenalgen verwechseln! Physiologie noch nicht studiert.

Die Eisen- und Manganbakterien finden sich, wie oben bemerkt, vielfach in Wasserwerken, Brunnen usw. Viele Grundwässer, besonders solche der norddeutschen Tiefebene, zeigen einen beträchtlichen Gehalt an Eisen. Das aus dem Grunde geförderte Wasser ist anfangs oft klar, farblos und reich an Kohlensäure, welche Eisenverbindungen in Lösung hält. Nach kurzer Berührung mit der Luft nimmt es eine leichte Trübung an, welche sich mehr und mehr verstärkt, bis ein gelbes bis gelbrotes, stark trübes Wasser entsteht [vgl. H. Klut (1)]. Es hat sich dabei folgender Prozeß abgespielt:

$$\underset{\text{farbloses Eisenoxydulkarbonat}}{2\,Fe(HCO_3)_2} + O + H_2O = \underset{\text{rotbraunes Eisenhydroxyd}}{Fe_2(OH)_6} + 4\,CO_2$$

Die Belüftung unter gleichzeitiger Befreiung von zu reichlich vorhandener Kohlensäure erfolgt besonders ausgiebig, wenn das Grundwasser über Schlackebrocken oder dergleichen gerieselt wird, wie es die abgebildete Vorrichtung zur Enteisenung zeigt. Gleichzeitig fallen organische Substanzen teilweise aus. Nach der Filtration durch Sand oder Kies läuft ein „blankes" Wasser ab, das weniger als 0,2 mgr Fe pro 1 l enthält, beim Stehen einer größeren Quantität (z. B. 2 l) keinen gelben Bodensatz mehr

bildet und Eisenbakterien keine Möglichkeit zu üppiger Entwicklung bietet. Über das Dunbarsche Enteisenungsfaß vgl. O. Spitta (1) S. 99.

Das Rosten eiserner Wasserleitungsröhren wird durch chemische Prozesse bedingt, doch können Eisenrostpickel und -knollen in solchen Röhren ihren Anfang oft von einem organischen Partikel nehmen (z. B. von Eisenbakterienbüschelchen), um dann durch rein chemische Vorgänge weiter zu wachsen.

Die bleilösende Wirkung von Trinkwässern auf Wasserleitungsröhren wird meist durch Kalkinkrustationen verhindert, doch scheinen auch manche Gallertbakterien einen biologischen Bleischutz zu bewirken.



Abb. 54. *Sphaerotilus natans*, Besatz auf einem Schilfblatt. Nat. Gr. (Orig.)

Sphaerótilus natans, wichtigste Abwasserbakterie.

(Name von sphaeros = Kugel und tilos = Flocke.)

Der Pilz bildet, wie die Abbildung zeigt, fellartige, weißliche Überzüge in mit ernährenden organischen Abwässern (aus Städten, Zellulosefabriken, Zuckerfabriken usw.) vermischten, fließenden oder durch den Wind bewegten Gewässern von p- bis α m-Charakter (vgl. auch *Leptomitus* und die Abbild. auf Tafel „Pflanzen des Wassers"). Die zottigen, schleimigen Besätze erscheinen bei besonders guter Ernährung weiß-opak wie Stärkekleister, bei Festkleben von Eisenoxydhydrat und Detritus auch gelblich und grau. Bei guter Durchmischung und Verdünnung der düngenden Zuflüsse kann die Entwicklung des Pilzes verhindert werden. Der Pilz findet sich festsitzend an Faschinen, Holzbohlen, Weidenzweigen, Schilf, Steinen usw. Sandufer bieten ihm keine genügenden Anheftungspunkte.

Bei sehr starker Strömung kann er sich zwar am Ufer und stellenweise am Grunde entwickeln, wird aber durch die Schärfe der Strömung ständig in feinen Fetzen abgeschoren. Wenn in ein verunreinigtes stehendes Gewässer eine größere, reine Wasserader einfließt, kann in der Nähe dieser Stelle infolge der stattfindenden Bewegung und Belüftung trotz gleichzeitig eintretender Verdünnung der latent vegetierende Pilz lokal zu üppigerer Entwicklung angeregt werden.

Das Zurücktreten des Pilzes braucht nicht immer mit Abnahme der Nahrungszufuhr (Düngung) verbunden zu sein, da besonders beim Ansteigen der Temperatur Konkurrenten, die weniger auffällig sind, ihm erfolgreich die Nahrung streitig machen können. Damit mag die Erscheinung zusammenhängen, daß in den 80er Jahren, als die Zuckerfabriken noch bis in den Monat März hinein arbeiteten und Abwässer lieferten, der im Winter massenhaft entwickelte Pilz („Pilzschleim") in manchen Gegenden schon Anfang März zurücktrat oder verschwand. Ähnliches mag vom *Leptomitus* gelten, der unter Umständen mit *Sphaerotilus* vergesellschaftet vorkommen kann.

Wie bereits bemerkt, verlangt der Pilz bewegtes Wasser; er ist also entweder stark sauerstoffbedürftig oder verlangt mechanische Durchspülung, um nicht mit dem Getier zwischen seinen Fäden zu faulen. Zwischen seiner Wachstumsgeschwindigkeit und der Gefahr des Eindeckens durch Detritus, wobei er mehr zottig-filzig wie schleimig wird, besteht ein gewisses Verhältnis.

Sphaerotilus wächst auch bei niedriger Temperatur des Wassers schnell, falls die nötigen Nährstoffe vorhanden sind. Werden reichlich entwickelte Zotten entfernt, so wächst er im Verlauf einiger Wochen zu früherer Üppigkeit heran, selbst wenn die Temperatur des Wassers nur 4° C oder noch weniger beträgt. Der Besatz eines einzigen Landungspfahles kann, wenn er abgekratzt wird (z. B. bei Eisgang), viele Kubikmeter Wasser mit unästhetisch erscheinenden Flocken erfüllen. Solche zum Teil klumpigen Flocken können sich in Fischernetzen festsetzen und diese verschleimen, auch an Stellen mit schwacher oder fehlender Strömung absinken und faulen (sekundäre Verunreinigung), während er sonst bei mäßiger Entwicklung für die Selbstreinigung eher nüzlich sein kann, besonders in kleineren Wasserläufen, wofern er dort nicht die Ablage von Fischlaich hindert. Im freien Wasser oder Schlamm kann der Pilz teilweise durch Schnecken (z. B. *Paludina*) u. a. m. gefressen sowie durch Insektenlarven zum Gehäusebau verwendet werden.

Unter ungünstiger werdenden Ernährungsbedingungen treten die Scheiden und Pseudodichotomien (*Cladothrix dichotoma*) deutlicher hervor. Zellen etwa 2 μ dick und 4—6 μ lang, wegen der Scheiden zu langen Fäden zusammengehalten. Bei mittlerer Vergrößerung erscheinen die Fäden wie feine Linien. Näheres s. bei Kolkwitz (3).

Zoogloea ramigera (s. Tafel: Pflanzen des Wassers) kann durch Vergallertung der Fäden entstehen.

Sphaerotilus ist einer der wichtigsten Organismen zur Beurteilung der Gewässer; in nährstoffreichen Vorflutern ist er oft massenhaft entwickelt, in mineralisierten, reinen fehlt er.

Beggiatoa*) **alba.** Weiße Schwefelbakterie.

Beggiatoa bildet kriechend bewegliche Zellfäden, welche im auffallenden Licht weiß erscheinen, hauptsächlich wegen des Vorhandenseins feiner Schwefeltröpfchen, welche im Zellinnern durch Oxydation aufgenommenen Schwefelwasserstoffs entstehen. Bei H_2S-Hunger verschwinden die Schwefeltröpfchen. Die Querwände, welche die Fäden gliedern, sind bei gewöhnlicher mikroskopischer Beobachtung meist nicht zu sehen, wohl aber bei Dunkelfeldbeleuchtung bei nicht ganz abgeschattetem Untergrund.

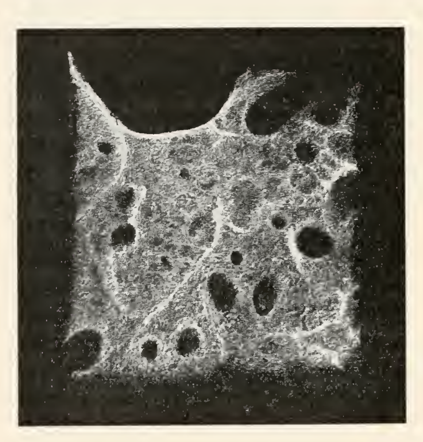


Abb. 55. Stück eines Schleiers von *Beggiatoa* in natürlicher Größe, auf schwefeleisenhaltigem Schlamm ausgebreitet. Die Löcher sind durch Hervorbrechen von Gärblasen erzeugt. (Nach A. Engler.)

Bei Massenentwicklung bildet *Beggiatoa* in stehenden oder langsam fließenden Gewässern mehr oder weniger dichte weiße Häute, welche in der Regel dem Schlamm aufliegen, wie die Abbildung zeigt. Sie kann nur da gedeihen, wo freier Schwefelwasserstoff vorhanden ist, da sie, wie Winogradsky zuerst fand, aus dessen Oxydation Betriebsenergie gewinnt.

$$2\,H_2S + O_2 = 2\,H_2O + 2\,S.$$

Der Schwefel wird weiter oxydiert zu Schwefelsäure, die durch Kalzium- oder Natriumsalze gebunden wird.

$$2\,S + 3\,O_2 + 2\,H_2O = 2\,H_2SO_4$$

Nach den Untersuchungen von F. Keil (1) an reinen Kulturen können sich *Beggiatoa* und die verwandte *Thiothrix* rein autotroph ernähren, also ohne Aufnahme organischer Nahrung. Den Kohlenstoff liefert die freie Kohlensäure, während der Stickstoff aus Ammoniaksalzen aufgenommen wird.

Im Freien findet man fädige Schwefelbakterien in Schwefelquellen (H_2S aus Sulfaten!) oder auf fauligem Schlamm (H_2S durch Fäulnis!),

---

*) Nach F. S. Beggiato, Arzt in Vicenza. (Der Name kann so gesprochen werden, wie er geschrieben wird.)

z. B. solchem, auf dem sich zersetzte Wasserblüte von Spaltalgen angesammelt hat, ferner in Abwassergräben usw., häufig auch in Aquarien, auf deren Grund abgestorbene Daphnien abgesunken sind.

Rezept für Rohkulturen von Schwefelbakterien:

Wasser	1 l
Lockerer Schlamm (mit Fäden von *Beggiatoa*)	ca. 50–100 ccm
Zerkleinerte Wasserpflanzen oder Salatblätter u. dgl.	1 Eßlöffel
Gips	knapp 1 Teelöffel
Gefäßform	nicht zu schmal und zu hoch
Wartezeit	einige Wochen.

Man kann unter die Kulturglocke auch ein Schälchen mit Schwefelnatrium setzen, aus dem die Kohlensäure der Luft ständig Schwefelwasserstoff frei macht.

Nähere Einzelheiten über die Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien siehe bei Winogradsky in Lafar (1). Abbild. s. auf Tafel: Pflanzen des Wassers.

Zur Herstellung mikroskopischer Dauerpräparate ist *Beggiatoa* ihrer Zartheit wegen wenig geeignet; es verschwindet auch der in den Zellen eingeschlossene Schwefel sehr bald.

Eine sehr große, bis 45 μ dicke Spezies, *Beggiatoa mirabilis*, findet sich an den Küsten des Meeres, z. B. am Grunde des Kieler Hafens.

Chromatium okenii. Rote Schwefelbakterie.

Die Zellen sind durch Geißeln beweglich, von roter Farbe und normalerweise mit deutlichem Gehalt an Schwefeltröpfchen. Der Organismus findet sich planktonisch in schwefelwasserstoffhaltigen Sümpfen, zwischen Algenfladen und an der Oberfläche von im Wasser zersetzten Substanzen. Auf Teichen, welche städtische Abwässer enthalten, bildet er nicht selten größere Flecken von der Farbe des Rotkohls. Manche Tümpel färbt er rot, daß sie wie mit Kirschsaft erfüllt erscheinen (pro 1 ccm mehrere tausend Exemplare). Der Organismus ist heliotaktisch.

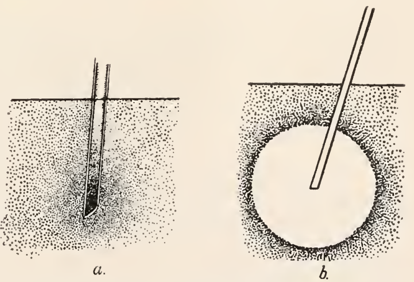


Abb. 56. *a* Positive Chemotaxis von *Chromatium weissii;* die Kapillare enthält 0,3% Ammonnitrat; gezeichnet unmittelbar nach dem Einschieben der Kapillare. *b* Negative Chemotaxis von *Chromatium weissii;* die Kapillare enthält 0,5% Apfelsäure. (Nach Miyoshi.)

Chromatium weissii, das dem *Chr. okenii* ähnlich, aber etwas kleiner ist, wird nach den Untersuchungen von Miyoshi durch verdünnte Lösungen

von Schwefelwasserstoff, Ammoniumtartrat, Ammoniumphosphat und Kaliumnitrat positiv, dagegen durch höhere Konzentration dieser Stoffe und durch 0,5% Apfelsäure negativ chemotaktisch beeinflußt (vgl. Abb. 56). Über die Natur des roten Farbstoffes vergleiche man das Kapitel betr. Karotin; ferner Molisch (4).

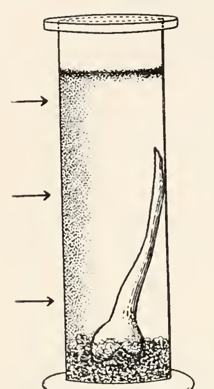


Abb. 57. Kultur von Purpurbakterien. Im Gefäß, das mit einer halben Petrischale zugedeckt ist, Wasser, Schlamm und ein Stück Knochen. An der dem Licht zugekehrten Seite hat sich ein Besatz von Purpurbakterien gebildet. Etwa $^1/_4$ nat. Gr. (Orig.)

Lamprocystis roseo-persicina. Pfirsichblütfarbene Schwefelbakterie.

Dieser Spaltpilz ist eine unbewegliche rote Schwefelbakterie, deren Zellen zu Kolonien von oft charakteristischer Form vereinigt sind; vgl. Abbild. auf Tafel: Pflanzen des Wassers.

Rohkulturen von Purpurbakterien verschafft man sich im allgemeinen leicht in der Weise, daß man Faulflüssigkeiten oder Leitungswasser mit Schlamm unter Zugabe eines frischen Knochens (nach H. Molisch) — in hohen, schmalen Gefäßen (Glaszylinder, Präparatengläser, hohe Biergläser usw.) längere Zeit (bis monatelang) belichtet stehen läßt. Die hohen Gefäße werden gewählt, um den Luftzutritt zu erschweren; vgl. die nebenstehende Abbildung.

III. Gruppe. Eumycetes, Fungi.

1. Hefen.

Vorkommen der Hefen.

In der freien Natur kann man wilde Hefen vor allem da finden, wo zuckerhaltige Flüssigkeiten ausgeschieden werden, z. B. an Wundstellen süßer Beeren, in Baumflüssen und in den Honig (Nektar) sezernierenden Organen der Blüten.

Als Nektarorganismen sind bekannt: Etwa 10 Hefen, gegen 20 Bakterien und zwei *Oidium*-ähnliche Pilze.

Nektarhefe fand sich z. B. bei: *Anthyllis vulneraria*, *Lathyrus silvester*, *Delphinium ajacis*, *Lamium album* und *Epilobium angustifolium*.

Das Überwintern und längere Ausdauern der Hefen findet in der Regel im Boden statt.

Hefen finden sich häufig auch im Darm des Menschen und höherer Tiere, ferner auch in Insekten und Kleinkrebschen.

Ganz allgemein bekannt ist die Verbreitung der Kulturhefen in Weinmost und Bier. Ihre Reinzüchtung im Großen hat sehr viel zur Sicherheit des Betriebes bei der Bereitung von Getränken durch Gärung beigetragen. Sehr leicht kann man sich schöne Sproßbäumchen von Hefen (s. die Abb.) aus Weißbiersatz verschaffen. Die käufliche Preßhefe enthält in der Regel meist nur Einzelzellen.

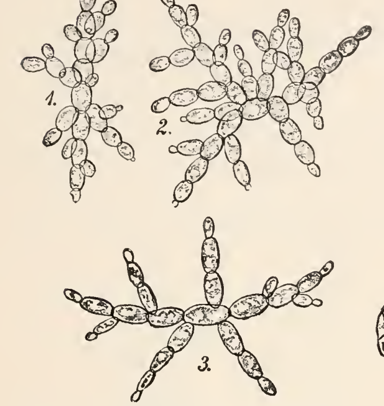


Abb. 58. Typen sparriger Hefe-Sproßverbände. Keimungsbilder von Preßhefen in der Lindnerschen Tröpfchenkultur.



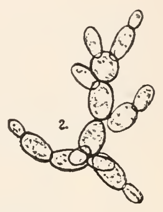


Abb. 59 Typen lockerer Hefe-Sproßverbände. Keimungsbilder von untergärigen Bierhefen in der Lindnerschen Tröpfchenkultur (nach 24 Stunden) Die einzelnen Glieder sind nur noch in lockerem Zusammenhang.

System der Hefen.

P. Lindner unterscheidet eine Reihe von durch wichtige Charaktere abgegrenzten Gruppen in der Ordnung der Saccharomycetineae.

1. Gruppe:
   Die Zellen bilden in zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten sofort Bodensatzhefe. Die Sporen sind glatt, rund oder oval. Die meisten Arten dieser Gruppe rufen Alkoholgärung hervor. Hierher gehört die bekannte, von Meyen 1838 aufgestellte *Saccharomyces cerevisiae* und die durch Kopulation der Zellen ausgezeichnete *Zygosaccharomyces.*
2. Gruppe: Die Zellen bilden in zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten sehr rasch eine Kahmhaut, also eine Oberflächenhaut (von stumpfem Aussehen). Die Sporen sind halbkugelig, eckig, hut- oder zitronenförmig. Die meisten Arten zeichnen sich durch ihre Esterbildung aus, einige rufen keine Gärung hervor. Viele wachsen, aber gären nicht. Sie fressen Alkohol, bilden ihn aber nicht. Hierher gehört z. B. *Willia anomala* (Syn. *Saccharomyces anomalus*).
3. Gruppe: Den Zellen fehlt das Merkmal der Sprossung; sie vermehren sich durch Teilung und heißen deshalb Spalthefen, *Schizosaccharomycetes.* Sie finden sich ausschließlich in wärmeren Gegenden. *Sch. pombe* z. B. im Negerbier.

4. Gruppe:

Sporenbildung fehlt.

Mycoderma hat langgestreckte bis ovale Zellen mit Fetttröpfchen.

Torula hat runde Zellen mit Fetttröpfchen. Hierher gehören rote Hefen. Ihr Farbstoff ist ein Karotin; vgl. H. Will (1).

* * *

Die meisten Hefen haben ihren Ausgangspunkt in der Reihe der *Endomycetes*, in Formen ähnlich dem *End. fibuliger* [Abb. bei P. Lindner (2)]. Die *Endomycetes* finden sich an blutenden Birkenstümpfen, Baumrinden usw. Sie bilden ein schimmelartiges Mycel mit seitlichen, sporenbildenden Zellen, mit Oidien und mit Chlamydosporen. Vgl. S. 109.

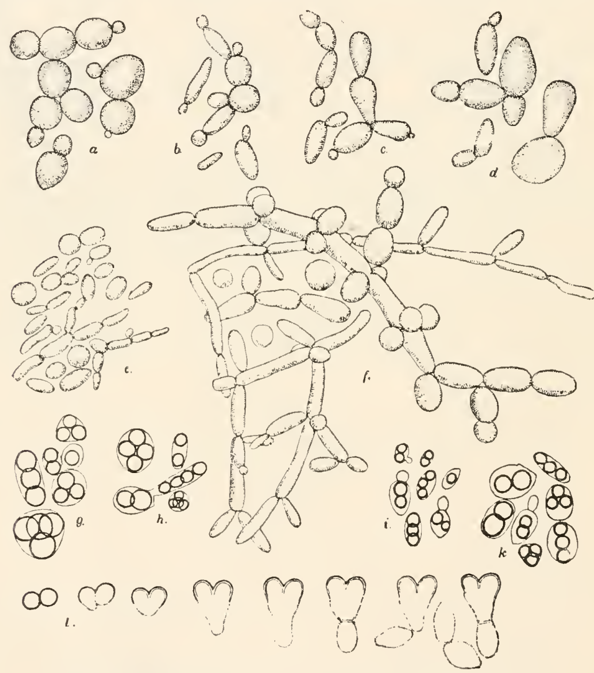


Abb. 60. Darstellung verschiedener Hefearten.

a Saccharomyces cerevisiae (Bierhefe).
b Saccharomyces pastorianus.
c Saccharomyces ellipsoideus I (Weinhefe).
d Saccharomyces ellipsoideus II.
e Saccharomyces ellipsoideus I als Haut wachsend.
f Saccharomyces ellipsoideus I als Sproßmycel wachsend.
g Saccharomyces cerevisiae mit Sporen.
h Saccharomyces pastorianus mit Sporen.
i Saccharomyces ellipsoideus I mit Sporen.
k Saccharomyces ellipsoideus II mit Sporen.
l Saccharomyces ludwigii, Sporenkeimung nach 18, 20, 26, 28, 29, $30^1/_2$ und 33 Stunden. Die Verschmelzung zweier Keimlinge ist fakultativ.

1000fach vergrößert. (Nach E. Chr. Hansen).

Als Inhaltsbestandteile der Hefen kommen vor allem in Betracht: Eiweiß, Fett und Glykogen.

Kulturmedien und Kulturgefäße.

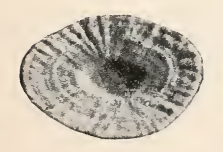
Die Reinkultur der Hefen kann in Petrischälchen in ähnlicher Weise vorgenommen werden wie bei Bakterien, nur wird man einen anderen Nährboden nehmen, z. B.:

Malzextrakt . . .	5 g
Pepton	0,2 g
Gelatine	10 g
Wasser	100 ccm

Pepton enthält Stickstoff und Kohlenstoff als organische Nahrung, ferner Phosphor, oft auch Kali, aber meist keinen Schwefel. Der Malzextrakt ergänzt in geeigneter Weise die bei alleiniger Gabe von Pepton fehlenden oder ungenügend vorhandenen Stoffe. Zum Herstellen von Reinkulturen auf Malz- oder Würzeagar verwendet man Lindnersche Flaschen (s. die Abb.) an Stelle der Reagenzröhrchen.



Abb. 61. Riesenkolonien von vier verschiedenen Hefen, aus einem kleinen Impftröpfchen entstanden. Das Alter beträgt etwa 4 Wochen. Die Kolonie in der ersten Flasche hat die als Nährsubstrat dienende Gelatine verflüssigt. $^1/_2$ der nat. Größe. (Nach P. Lindner.)



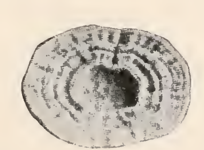




Abb. 62. Riesenkolonien von drei verschiedenen Hefen auf Würzegelatine, etwa 4 Wochen alt. Nat. Größe. Die Riesenkolonien geben sehr charakteristische Merkmale zur Unterscheidung der Arten ab. (Nach P. Lindner.)

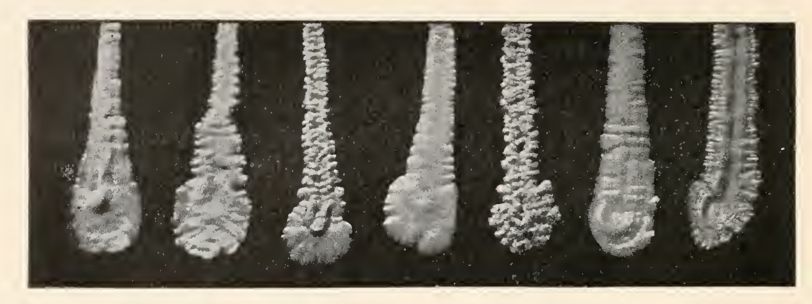


Abb. 63. Impfstrichkulturen von sieben verschiedenen Hefen auf Würzegelatine, etwa 4 Wochen alt. Die Kolonien sind nicht aus einer Zelle entstanden, sondern aus nebeneinander liegenden Zellen, welche durch Ziehen eines Striches mit der Platinnadel aufgetragen worden sind. Nat. Größe. (Nach P. Lindner.)

Als Kulturflüssigkeiten kommen unter anderen in Betracht:

1. Kartoffelpreßwasser (sogenanntes Fruchtwasser).
2. Gut gärende Nährlösungen

Wasser	1 l
Malzextrakt	100 g
Rohrzucker (Küchenzucker) .	20 g
Pepton	2 g

oder

Wasser	50—100 ccm
Malzbonbon ohne Fenchel .	1 Stück
Pepton	1—2 Messerspitzen

3. Pasteursche Nährlösung (zur Demonstration der Synthese des Eiweißes; s. auch dort).

Traubenzucker	150 g
Weins. Ammon	10 g
Magnesiumsulfat	0,2 g
Phosphors. Kalk	0,2 g
Monokal. phosph.	2,0 g
Wasser	1 l

vgl. Pasteur (1) u. (2) und Naegeli (1).

Die Lösung soll rein weiß, nicht gelb sein. Hier findet Eiweißsynthese aus weinsaurem Ammon und Traubenzucker statt. Das Eiweiß in der gewachsenen Hefe gibt gute Rotfärbung mit Millons Reagens. Der Eiweißgehalt der Hefe ist hoch, so hoch wie der des frischen Fleisches.

4. Beijerincks Nährlösung.

Traubenzucker . . .	100 g
Biammonphosphat . .	2 g
Chlorkalium	0,1 g

Magnes. sulfat. . . .	0,05 g
Leitungswasser . . .	1 l

Hier wird Eiweiß aus Biammonphosphat und Traubenzucker gebildet.

5. Hayducksche Nährlösung

Rohrzucker	100 g
Asparagin	2,5 g
Monokaliumphosphat .	1,0 g
Magnesiumsulfat . . .	0,34 g

vgl. P. Lindner (1).

6. E. Chr. Hansensche Nährlösung:

Zucker (verschiedene)	ca. 5,0 g
Pepton Witte	1,0 g
KH_2PO_4	0,3 g
$MgSO_4$	0,5 g
Wasser	93,5 g

Als Kulturgefäße kommen unter anderen in Betracht:

1. Glaskolben von ½—1 l Inhalt.
2. Erlenmeyer-Kolben von 100—200 ccm Inhalt.
3. Hohle Objektträger mit Vaselinverschluß am Rande des Deckgläschens. Oft wird man dabei die für viele wissenschaftliche Arbeiten unentbehrliche Tröpfchenkultur von P. Lindner anwenden können, da sich in derselben die ungestörte Entwicklung der Organismen wochenlang verfolgen läßt und dabei höchst charakteristische Habitusbilder entstehen.

   Die Lindnersche Adhäsionskultur (dünne Nährlösungslamellen an dem Deckgläschen des hohlen Objektträgers) gibt streng ebene Kolonien, welche für Mikrophotographie sehr geeignet sind und zum Studium von Vegetationsgemischen im natürlichen Nährsubstrat (Speichel, Milch, Blut usw.) dienen.
4. Ausgehöhlte kleine Gipsblöcke zur Förderung der Sporenbildung; vgl. Lindner (1).
5. Gärflaschen von verschiedener Konstruktion.

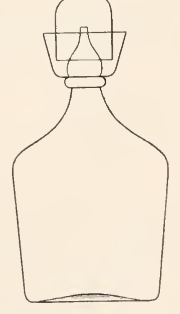


Abb. 64. Gärflasche mit hydraulischem Gärverschluß. Etwa $^1/_6$ nat. Größe.

Die nebenstehend abgebildete Gärflasche*) dient im praktischen Großbetrieb zum schnellen, orientierenden Vergären von Mosten oder Fruchtsäften bei Temperaturen von 18—25° C. Den frischen

*) Von Ehrhardt u. Metzger in Darmstadt, Ph. Braun in Mainz usw. Flaschen von mehreren Litern Inhalt kosten einige Mark.

Säften werden zur Erzielung regelmäßiger Gärung Reinzuchthefen (oder Bakterienkulturen) zugesetzt. Der Gärverschluß wird in einfachster Weise durch Einfüllen von Wasser in die den Flaschenhals umgebende Schale bewirkt (hydraulischer Gärverschluß).

Gärversuche.

Eine kräftige Gärung kann man in folgender Weise erzielen:

Man füllt einen Literkolben zur Hälfte mit der Nährlösung Nr. 2 und verteilt darin ein etwa walnußgroßes Stück käuflicher Preßhefe.

Nach 10—20 Minuten beginnt die Gärung, falls die Flüssigkeit nicht zu kühl ist; nach ½—1 Stunde ist sie bereits sehr lebhaft. Man gießt nun nach dem Umschwenken der Flüssigkeit einen Teil derselben in ein Becher- oder Wasserglas und stellt ein mit der gärenden Flüssigkeit bis zum Rand gefülltes Reagenzglas hinein. Nach etwa 30 Minuten wird dieses sich bereits bis etwa zur Hälfte mit Kohlensäure gefüllt haben, obgleich bei weitem nicht die ganze Kohlensäure hineinsteigt, welche in dem Becher- bzw. Trinkglas entsteht.

Durch Kalilaugestückchen könnte man Absorption der Kohlensäure bewirken und diese so nachweisen, doch erfolgt die Absorption langsam, da die absorbierende Fläche verhältnismäßig klein ist.

Gibt man bei dem Versuch nicht acht, so kann das ganze Reagenzglas sich nach einiger Zeit mit Kohlensäure füllen, dadurch hochgehoben werden und herausfallen.

Einen einfachen Gärversuch kann man auch in der Weise anstellen, daß man in ein Reagenzglas Nährlösung und etwas Hefe füllt und mit einem Gummistopfen verschließt, durch den ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr geführt ist. Dreht man das Ganze um, so tropft aus dem Rohr in dem Maße, wie sich Kohlensäure bildet, Flüssigkeit heraus.

Will man die entstehende Kohlensäure quantitativ bestimmen, so muß man sie in geeigneten Apparaten durch Barytlauge leiten und deren Verbrauch (infolge Bildung von Baryumkarbonat) durch Titrieren gegen Oxalsäure unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator bestimmen.

Über genaue quantitative Gärversuche vergleiche auch den im I. Teil des Buches beschriebenen Lohnsteinschen Gärapparat.

Steckt man ein Thermometer in die gärende Flüssigkeit, so wird man leicht feststellen, daß eine Temperaturerhöhung um 2—3° C eintritt. Dabei darf man aber nicht vergessen, daß ein kleiner Teil der produzierten Wärme von der Lösung des bei der Gärung entstehenden Alkohols im Wasser herrührt.

Hat der Gärversuch längere Zeit gedauert, so riecht die Flüssigkeit deutlich nach Alkohol, den man abdestillieren oder mit Hilfe der Jodoformmethode feststellen kann. Man füge zu diesem Zwecke zu der filtrierten Flüssigkeit reichlich metallisches Jod unter schwachem Erwärmen und

setze dann etwas nicht alkoholische Kalilauge hinzu. Beim Abkühlen wird man einen Niederschlag von gelbem, typisch riechendem Jodoform erhalten. Die einzelnen Kristalle haben im allgemeinen die Form sechsseitiger Plättchen.

Setzt man zuckerhaltige Nährlösungen mit nektarienführenden Blüten an, so beginnt bei genügendem Luftzutritt zunächst ein Wachstum der Nektarhefen. Führt man dann die Gärung unter Luftabschluß und Druck weiter, so entstehen kohlensäurehaltige, aber alkoholarme Getränke von besonderem Aroma.

Zur Demonstration einer „Kleingärmethode" bringe man aus dem Literkolben eine kleine Menge gärender Nährlösung auf einen hohlgeschliffenen Objektträger und schiebe unter Vermeidung von Luftblasen ein Deckgläschen über. Man wird sogleich Bläschen von Kohlensäure entstehen sehen, welche man durch seitliches Zufügen von Kalilauge absorbieren kann. Man beobachte diese Absorption unter dem Mikroskop.

Bei nichtgärenden roten Hefen entstehen naturgemäß bei dem Versuch mit dem hohlgeschliffenen Objektträger keine Kohlensäurebläschen. In diesem Falle wird Zucker nur zum Wachstum der Hefezellen verbraucht, aber nicht durch enzymatische Wirkung zerstört.

Wie Versuche mit Indigokarmin- oder Methylenblaulösungen zeigen, kann auch während des Gärprozesses Verbrauch von Sauerstoff stattfinden, aber nicht so intensiv wie bei der Atmung (s. dort).

Die Alkoholgärung ist in der Hauptsache ein Spaltungsprozeß. welcher, wenn man nur die Endprodukte berücksichtigt, nach der Formel verläuft:

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{Äthylalkohol}}{C_2H_5OH} + 2\,CO_2$$

Rohrzucker wird erst durch Invertase in Monosaccharide verwandelt, ehe die Zymase ihn angreift.

Werden Hefen durch Einwerfen in Azeton getötet, so bleibt die von E. Buchner 1896 entdeckte Zymase als wirksamer Bestandteil zurück, nachdem das Azeton verdunstet ist. Näheres s. bei F. Lafar (1).

Nach neueren Untersuchungen ist die Gärung mit der anaeroben Atmung nicht identisch, obwohl bei beiden Alkohol gebildet wird.

Außer der gewöhnlichen Alkoholgärung kommen auch noch andere Hefegärungen vor. So hat Felix Ehrlich (1) den wichtigen Nachweis geführt, daß höhere Alkohole, wie Amylalkohol, und andere riechende Stoffe (z. B. Rosenduft), nicht durch Vergärung von Zuckern, sondern von Aminosäuren entstehen.

2. Schimmelpilze.

Rohkulturen einfachster Art.

Das unvermeidliche Verschimmeln vieler feuchter Substrate beweist, daß eine Reihe von Schimmelpilzen leicht ausreichende Ernährungsbedingungen findet.

Rohkulturen verschiedenster Art kann man sich in der Regel leicht verschaffen und zwar auf folgende Weise:

1. Man tränke Brot, Semmel oder Pflanzenpreßpapier mit verdünntem Sirup, Pflaumendekokt, Malzextrakt oder dergleichen und bewahre es feucht auf. Dann werden in fast allen Fällen Schimmelpilze zu reichlicher Entwicklung gelangen, oft so reichlich, daß das ganze Laboratorium gleichsam verseucht werden kann.
2. Frischer Pferdemist, unter einer Glasglocke aufbewahrt, ist ohne jede Zutat ein vorzügliches Nährsubstrat, besonders für *Mucor.*
3. Man drücke eine durchschnittene Kartoffel mit der Schnittfläche auf dem Fußboden oder auf der Erde ab und lege sie unter eine Glocke, welche mit etwas feuchtem Fließpapier ausgekleidet ist und in einer wasserhaltigen Schale steht.
4. Man bewahre eine durchschnittene Zitrone (am besten feucht) auf. Man kann dann mit Sicherheit die Entwicklung von *Penicillium* auf den Schnittflächen meist nach etwa einer Woche erwarten. Dabei ist zu bemerken, daß frische Zitronen schwerer schimmeln als alte, bereits gedrückte.

Schimmelpilze bevorzugen im Gegensatz zu den meisten Bakterien sauere Substrate. Sie scheiden häufig auch selbst Säuren aus und vermögen dementsprechend Marmorplatten zu korrodieren.

Reinkulturen und Kulturgefäße.

1. Petrischälchen mit Bakteriennährgelatine geben die Möglichkeit auch zur Entwicklung von Schimmelpilzen, wenn man die Platten einige Zeit (z. B. eine halbe Stunde lang) der Luft exponiert. Es entwickelt sich dabei in der Regel bald *Penicillium.*

   Läßt man die Platte nach einer etwa halbstündigen Exposition noch 1—2 Wochen geschlossen stehen, so entwickelt sich oft noch das *Cladosporium herbarum* (s. dort).
2. In gleicher Weise kann man statt Bakteriennährgelatine solche mit Malzextrakt, Pflaumendekokt oder dergleichen anwenden.

   Pflaumendekokt bereitet man in der Weise, daß man Backpflaumen mit so viel Wasser übergießt, daß alle Früchte gerade untertauchen. Der mit den Nährsalzen aus den Pflaumen

auskristallisierte Zucker löst sich in diesem Wasser. Nach 24 Stunden gieße man dieses Wasser ab, ohne die Pflaumen auszudrücken, da sich sonst Schleimsubstanzen beimischen könnten. Hierauf filtriert man die Lösung zweckmäßig und dickt sie dann auf dem Wasserbade zu einem Sirup ein. Dieser ist seiner Konzentration wegen unbegrenzt haltbar.

Um eine Nährlösung herzustellen, wird einfach ein Teil dieses Sirups mit Wasser verdünnt. Die Konzentration kann, wenn sie nicht übermäßig groß ist, ganz nach Belieben gewählt werden, da die meisten Schimmelpilze in bezug auf diesen Punkt absolut nicht wählerisch sind. Die Lösung reagiert sauer und ist deshalb, wie bereits angedeutet, für die Kultur der meisten Bakterien wenig geeignet.

3. Diakonowsche Nährlösung:

Wasser	1 l
Chinasäure (unvergärbar)	50 g
Ammoniumnitrat	1,0 „
Monokaliumphosphat	1,5 „
Magnesiumsulfat	0,5 „
Chlorkalzium	0,1 „

Gießt man von dieser farblosen Flüssigkeit, welche die Synthese von Eiweiß aus Chinasäure und Ammoniumnitrat zu demonstrieren gestattet, in flacher Schicht in eine Kulturschale aus, so kann man darin Schimmelpilze sehr leicht kultivieren.

4. Raulinsche Nährlösung:

Wasser	1500 g
Rohrzucker	70 „
Weinsäure	4,0 „
Ammoniumnitrat	4,0 „
Ammoniumphosphat	0,6 „
Kaliumkarbonat	0,6 „
Magnesiumkarbonat	0,4 „
Ammoniumsulfat	0,25 „
Zinksulfat	0,07 „
Eisensulfat	0,07 „
Kaliwasserglas	0,07 „

Nach Raulin (1).

Diese Nährlösung liefert ein gutes Substrat, ist aber unnötig kompliziert zusammengesetzt.

5. Kultur in Lindnerschen Pilzgläsern auf Würzegelatine (vgl. die farbige Tafel).

P. Lindner hat 1913 auf folgende Verwendungsmöglichkeiten seiner Gläser hingewiesen:

1. Kultur von Riesenkolonien, die zum Teil künstlerisch schöne Präparate liefern.
2. Bestimmung der Wachstumsgeschwindigkeit von Schimmelpilzkulturen.
3. Ermittelung der Keime der Luft unter Anwendung steriler Schachteln aus Blech (z. B. Zigarettenschachteln).
4. Direkte Abbildung der gewonnenen Kolonien mit photographischem Papier.
5. Herstellung von allseitig sich im Raume entwickelnden Pilzkulturen (z. B. *Mucor mucedo*).
6. Kultur von geschlechtlich differenzierten Pilzen nach Blakeslee (z. B. von *Phycomyces nitens*).
7. Sichtbarmachung von Enzymwirkungen.
8. Sichtbarmachung von Desinfektionswirkungen.
9. Verwendung zu Gärversuchen.

Dazu sind in diesem Jahre eine Reihe von Pilzen mit Anweisungen für ihre Kultur von P. Lindner in den Handel gegeben worden*).

Man läßt die Kulturen sich in den Gläsern beliebig lange entwickeln. Sie trocknen schließlich ein und halten sich ohne jeden Zusatz von Konservierungsmitteln.

Die Lindnersche Methode erinnert in manchen Punkten an die in der Bakteriologie erwähnten Esmarchschen Rollkulturen in Reagenzröhrchen.

Zahlreiche Photographien von in Reinkultur gewachsenen Schimmelpilzen finden sich in dem von P. Lindner (2) veröffentlichten Atlas, Kulturmethoden von großer Einfachheit bei vollkommener Exaktheit in seiner „Mikroskopischen Betriebskontrolle".

Übersicht über die Schimmelpilze.

Phycomycetes:

Mucor mucedo,
Phycomyces nitens,
Pilobolus crystallinus,
Saprolegnia monoica,
Leptomitus lacteus.

*) Bei Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin NW., Heidestr.



Pilz aus Trebern.
Monascus von Reis isoliert.

Pilzkulturen („Pilzrosen“) nach Lindner.
½ nat. Größe.

Fusariumart von einem Roggenfeld.
Pyknidenschimmel.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

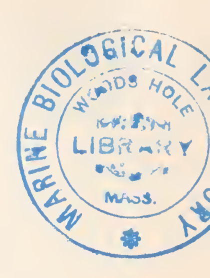


Ascomycetes:

Endomyces magnusii,
Aspergillus niger,
Penicillium glaucum.

Hyphomycetes (Fungi imperfecti):

Oidium (Oospora) lactis,
Monilia sitophila,
Botrytis cinerea,
Cladosporium herbarum,
Mycorrhiza.



Mucor mucedo. Köpfchenschimmel (Phycomycetes).

Es wurde bereits erwähnt, daß man *Mucor* sehr einfach und sicher auf frischem Pferdemist erziehen kann, doch wächst er auch auf anderen in Zersetzung befindlichen Substraten.

Die Sporen der Köpfchen sind unmittelbar nach erfolgter Reife keimfähig. In Mistdekokt übertragen, schwillt die Spore zunächst an und bildet dann den Keimschlauch, der sehr rasch in die Länge wächst und sich verzweigt. Das entstandene Mycel ist so gut wie querwandfrei.

Zygosporen sind bei Wachstum auf Pferdemist beobachtet worden.

Während *M. mucedo* ein Luftschimmel ist, können *M. racemosus* und *M.* (*zygorrhynchus*) Wasserschimmel sein, welche die Ufer nährstoffreicher Gewässer wie mit Schaffellen auszukleiden vermögen; vgl. das die Pflanzen des Wassers behandelnde Kapitel.

Ausführliche Darlegungen über *M. mucedo* finden sich bei O. Brefeld (1).

Über *Mucor syzygites* vgl. L. Kny, Wandtafeln 109 und 110.

Phycomyces nitens.

Dieser durch seine großen, stark heliotropisch empfindlichen Sporangienträger bekannte Pilz (käuflich) eignet sich zu Kulturen in Lindnerschen Gläsern. Man unterscheidet nach Blakeslee + -Mycelien und — -Mycelien, bei deren Zusammentreffen Zygosporen leicht entstehen. Das (wahrscheinlich weibliche) — -Mycel verarbeitet den Zucker besser als das + -Mycel. Der Pilz findet sich besonders in Ölmühlen und Stearinfabriken an Fässern.

Pilobolus crystallinus. Hutwerfer.

Man sammele frischen (noch glänzenden) Hirsch- oder Rehmist im Walde und bewahre ihn unter einer Glasglocke auf. Es wird sich nach meinen bei Berlin gesammelten Erfahrungen mit absoluter Sicherheit der zierliche *Pilobolus crystallinus* entwickeln, an dem experimentelle Beobachtungen über Heliotropismus der köpfchentragenden Hyphen und über die Schleuder-

kraft infolge hydrostatischer Entspannung angestellt werden können: es sind die Sporen, welche durch diesen Mechanismus verbreitet werden.

Näheres s. bei O. Brefeld (1).

Saprolegnia monoïca (u. a. Species).

Wirft man tote Fliegen oder halbe Mehlwürmer (welche man im Bedarfsfalle vorher durch Erwärmen im Reagensglas sterilisieren kann) in eine große Schale mit Wasser und etwas Sumpfschlamm, so entwickelt sich an den Wundstellen des Nährkörpers in den meisten Fällen der Wasserschimmel *Saprolegnia* in Form von weißen ausstrahlenden Büscheln.

Die Gattungen *Saprolegnia*, *Achlya*, *Aphanomyces* u. a. m. befallen auch Fische und Krebse; dabei liegt aber meist fakultativer Parasitismus vor, da vollkommen gesunde Tiere in infiziertem Wasser pilzfrei und lebenskräftig bleiben.

Eine Abbildung findet sich in dem die Pflanzen des Wassers behandelnden Kapitel.

Leptomitus lacteus *(= Apodya lactea).*

Der Pilz wächst ebenfalls auf Mehlwürmern; man muß aber in der Regel eine kleine Probe des Mycels direkt auf die Schnittfläche anfimpfen. Er ist die einzige Saprolegniacee, welche in Massenbeständen im Freien vorkommt und zwar als schaffellartiger Besatz in fließenden Gewässern mit organischen, ernährenden Substanzen. Näheres s. unter Nr. 102 der pflanzlichen Wasserorganismen.

Die nebenstehende Abbildung zeigt ein verzweigtes Fadenstück mit Gemme, ein Sporangium mit reifen Schwärmsporen und junge Keimpflänzchen.

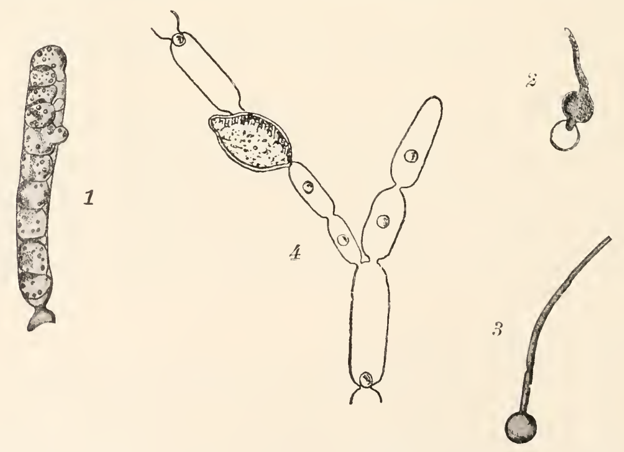


Abb. 65. *Leptomitus lacteus.* Verzweigter Faden mit Gemme, Sporangium mit reifen Schwärmsporen, gekeimte Schwärmsporen. Vergrößerung mittelstark. (Orig.)

Endomyces magnusii (Ascomycetes).

Der weiße Pilz (käuflich) eignet sich ausgezeichnet zu Kulturen in Lindnerschen Gläsern. Seine Mycel bildet in der Gelatineschicht zarte Verästelungen.

In der freien Natur lebt er im gärenden Schleimfluß der Eichen.

E. magnusii zeigt Beziehungen zu den Spalthefen, *E. fibuliger* zu den Sproßhefen. Vgl. S. 98.

Aspergillus niger. Kolbenschimmel.

Der Pilz gedeiht sehr gut in Diakonowscher Nährlösung u. a. m., eignet sich auch zur Kultur in Lindnerschen Gläsern. Sein Mycel ist weiß, während die Sporen schwarze Farbe besitzen, (welche in Ammoniakwasser löslich ist). Er scheidet krystallisierte, dendritische Stoffwechselprodukte aus, wahrscheinlich Tyrosin.

A. herbariorum entsteht, mit Askusfrüchten, ziemlich häufig zwischen feuchtem, gebrauchten Pflanzenpreßpapier.

Penicillium glaucum. Grüner Pinselschimmel (u. a. Species).

Der Pilz ist 1874 von O. Brefeld besonders sorgfältig beschrieben und abgebildet worden. Die Sporen, welche überall verbreitet sind, keimen

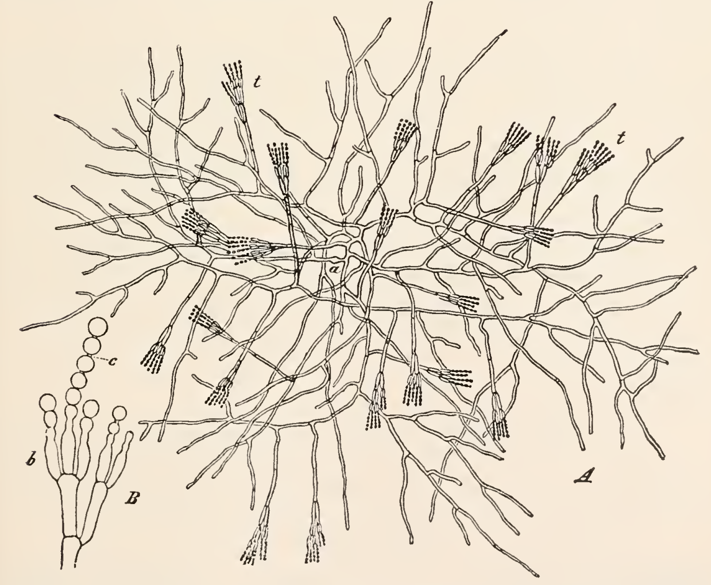


Abb. 66. *Penicillium glaucum*, Pinselschimmel. *A* 120fach, *B* 730fach vergrößert. *A* stellt ein kleines Mycel des Pilzes mit ungeschlechtlichen Sporenträgern *t* dar. Bei *a* die Keimspore. *B* zeigt den oberen Teil des Sporenträgers stärker vergrößert; *b* sind dessen Basidien, *c* stellt eine Konidien-(Sporen-)Kette dar. Die jüngsten Sporen liegen an der Basis der Ketten. (Nach O. Brefeld.)

mit 1—6 Keimschläuchen. Das entstehende Mycel ist reich gegliedert, benachbarte Äste können miteinander fusionieren. Die Form der pinselförmigen Konidienträger geht aus der Abbildung hervor. Die Bildung der Askusfrüchte scheint selten stattzufinden.

Man kann den Pilz auf Gelatineplatten leicht aus Luft einfangen, wie oben bereits bemerkt wurde. Solange seine Konidienträger noch unreif sind, d. h. noch keine oder nur wenig grüne Färbung angenommen haben, eignen sie sich ausgezeichnet zum Studium der Verzweigung der pinselartigen Träger. Man lege ein auf der Unterseite befeuchtetes Deckgläschen auf und bringe die Petrischale mit der Kultur unter das Mikroskop. (Vergr. 200—300fach).

P. luteum (käuflich) besitzt ein rotes Mycel und gelbe Sporen. Es eignet sich gut zu Kulturen in Lindnerschen Gläsern.

P. brevicaule dient zum Nachweis von Arsen; vgl. Abel u. Buttenberg (1) und Lafar (1), Bd. I.

Bei Kulturen in Gläsern und Petrischalen beobachtet man öfter ringförmiges Wachstum nach Art der Hexenringe. Bei manchen Schimmelpilzen, z. B. *Penicillium luteum*, entstehen diese Ringe unter dem Einfluß der Belichtung beim Wechsel von Tag und Nacht.

Oidium *(Oospora)* lactis. Milchschimmel (Hyphomycetes).

Dieser Pilz findet sich häufig im Rahm saurer Milch, erregt aber nicht die Milchsäuregärung. Er gedeiht auch auf frischer süßer Milch, Brot, Mist usw. Bei Kultur in Lindnerschen Gläsern tritt der Seidenglanz seiner Kolonien besonders deutlich hervor. Der Pilz wächst ausgezeichnet in mineralischen Nährlösungen mit Alkohol als alleinige Kohlenstoffquelle.

Monilia sitophila *(= Oidium lupuli)*.

Dieser Pilz zeichnet sich durch sein sehr schnelles Wachstum aus. Er ist käuflich und zu Kulturen in Lindnerschen Gläsern geeignet. Das Mycel enthält nach Went Karotinoide.

M. fructigena und *M. cinerea* können auf Obstbäumen parasitären Charakter tragen.

Botrytis cinerea. Grauer Schimmel.

Der Pilz lebt meist saprophytisch auf Pflanzenteilen und ist weit verbreitet. Bei einigen Arten der Gattung finden sich ebenso wie bei den vorliegenden Sklerotien, welche an diejenigen von *Sclerotinia fuckeliana* erinnern. Er kann leicht auf Gelatinenährboden gezüchtet werden.

B. bassiana tötet die Seidenraupen.

Cladosporium herbarum *(= Dematium pullulans = Hormodendron cladosporioides,* wahrscheinlich auch *= Mycosphaerella tulasnei)*.

Der Pilz entwickelt sich oft auf (längere Zeit aufbewahrten) Gelatineplatten in Petrischalen, welche staubiger Luft ausgesetzt waren, in Form

schwarzgrüner Kolonien. In der freien Natur lebt er meist saprophytisch (selten parasitisch) auf Pflanzenteilen.

Nach neueren Untersuchungen von Ch. Ternetz und H. Froehlich scheint er den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren.

Mycorrhiza. Wurzelpilz.

Der Name Mycorrhiza ist ein Sammelbegriff für gegliederte Pilzfäden, welche mit Wurzeln verschiedener höherer Pflanzen in Symbiose leben, besonders bei Orchidaceae, Pinaceae, Fagaceae und Ericaceae. Mycorrhizen von Orchideen sind von H. Burgeff in Reinkulturen gezogen worden.

Abbildungen ektotropher und endotropher Mycorrhizen s. bei L. Kny und W. Magnus, Wandtafeln Nr. 116 und 117.

Zum näheren Studium der Formen niederer Pilze sei verwiesen auf G. Lindau (2) u. (3) und P. Lindner (1) u. (2).

3. Parasitische Pilze.

Die durch Pilze an Pflanzen und Tieren erzeugten Krankheiten bzw. Umbildungen beanspruchen ein ernährungsphysiologisches Interesse in ähnlicher Weise wie die Parasiten unter den Phanerogamen, welche im I. Teil kurz behandelt sind. Die feinere Physiologie der Ernährung ist bei den Schmarotzerpilzen noch verhältnismäßig wenig erforscht, wir sind deshalb in erster Linie auf die Schilderung solcher Erscheinungsformen in dieser Gruppe angewiesen, welche physiologische Ausblicke gestatten; vgl. auch. H. Klebahn (1).

Bezüglich der Bekämpfungsmethoden krankheiterzeugender Pilze sei auf die von der Kaiserlich Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Dahlem herausgegebenen Flugblätter verwiesen, ferner auf die a. a. O. genannte Literatur, auch auf G. Lindau (1). Die Abbildungen sind sämtlich Neuzeichnungen, teils Originale, teils nach den Arbeiten von Aderhold, Appel, Eriksson, Laubert u. a.

Eine kurze, aber inhaltsreiche Übersicht über die durch Pflanzen und Tiere erzeugten Krankheiten unserer Kulturpflanzen findet sich in der mit zahlreichen Abbildungen ausgestatteten Arbeit von O. Appel (2).

Übersicht über einige Typen parasitischer Pilze.

Myxomycetes (s. dort).

Tafelfig. 1. Plasmodiophora brassicae.

Schizomycetes (s. dort).

Tafelfig. 2. Bacterium phytophthorum.

Phycomycetes.

Tafelfig. 3. Empusa muscae,

„ 4. Cystopus (Albugo) candidus,

„ 5. Peronospora viticola.



Ascomycetes.

Tafelfig. 6. Exoascus pruni,
,, 7. Rhytisma acerinum,
,, 8. Sphaerotheca mors uvae,
,, 9. Cordyceps militaris,
,, 10. Claviceps purpurea,
,, 11. Nectria cinnabarina,
— Monilia (Sclerotinia) cinerea.

Basidiomycetes.

Tafelfig. 12. Ustilago avenae,
,, 13. Puccinia graminis,
(Aecidium berberidis),
,, 14. Exobasidium vaccinii.

Fungi imperfecti.

Tafelfig. 15. Phoma rostrupii.

1. **Plasmodiophora brassicae**. Hernie.

Die Abbildung stellt eine Erkrankung der weißen Rübe dar. Näheres s. im Abschnitt Schleimpilze.

2. **Bacterium phytophthorum.**

Erreger der Schwarzbeinigkeit der Kartoffel. Näheres s. im Abschnitt Bakterien und im Flugblatt Nr. 28.

Die Krankheit wird dadurch bekämpft, daß man die befallenen Pflanzen vernichtet und für gesundes Saatgut sorgt, das vor dem Legen nicht zerschnitten werden darf. Die zur Aussaat bestimmten Kartoffeln müssen im Winter trocken und kühl lagern.

3. **Empusa muscae**. Schimmel der Stubenfliege.

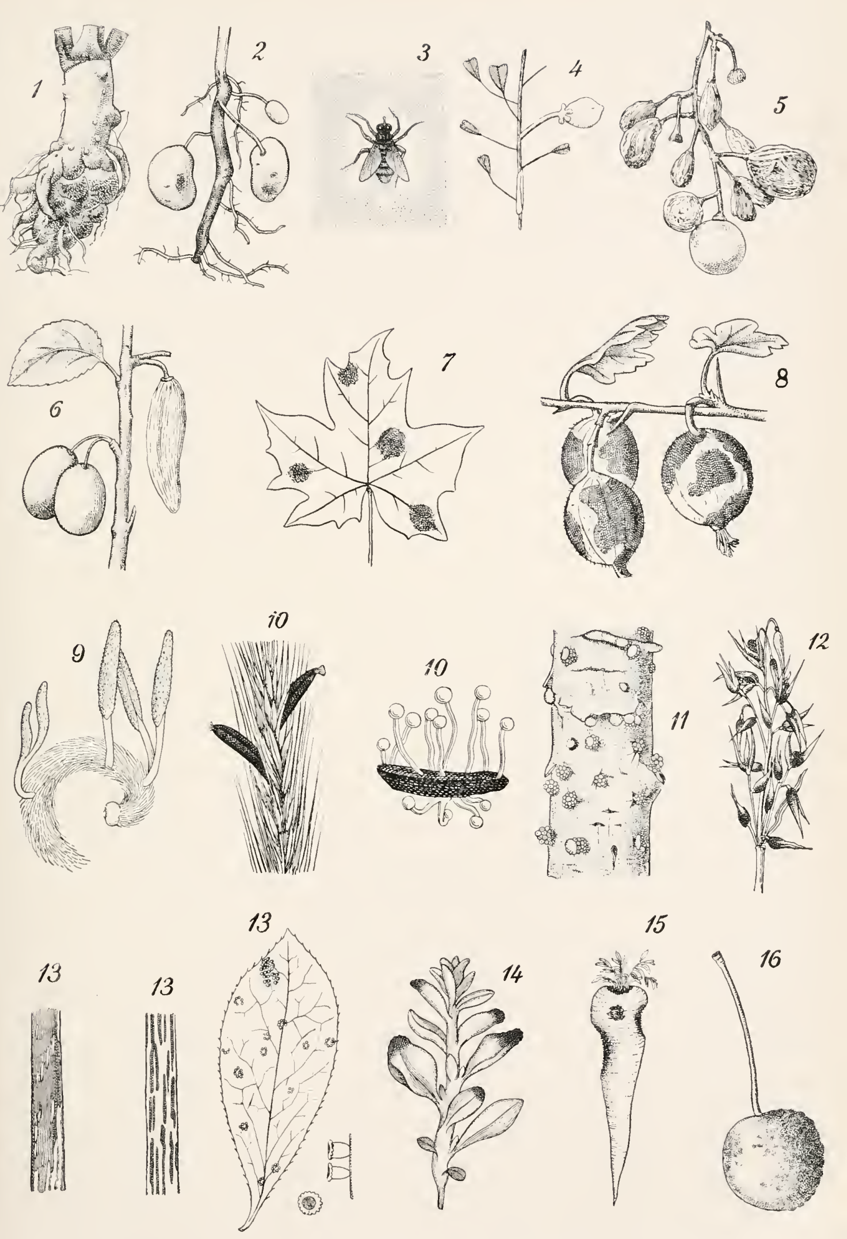
Der Pilz ist besonders auffällig an Fliegen, welche an Fensterscheiben verendet sind. Man erkennt deutlich einen weißen Hof von Pilzsporen um die toten, aufgedunsenen Tiere.

Empusa ist stark pathogen und infiziert gesunde Tiere, welche man mit kranken unter eine Glocke bringt. Die keimenden Sporen durchdringen die Chitinhaut. Die Kultur des Pilzes als Saprophyt auf geeignetem Nähragar ist möglich, aber schwierig.

4. **Cystopus** *(Albugo)* **candidus**. Weißer Rost.

Die Abbildung zeigt den Pilz als weißen, Deformationen bedingenden Überzug an dem Fruchtstand des Hirtentäschelkrautes (*Capsella bursa pastoris*). Er befällt außerdem auch die Stengel und Blätter. Andere Cruciferen, wie *Sinapis*, *Thlaspi* usw., werden ebenfalls von dem Pilz bewohnt. Der durch ihn hervorgerufene landwirtschaftliche Schaden ist nur gering.

Näheres s. bei de Bary (1) u. a. m.



Parasitische Pilze.
Erläuterungen siehe S. 112.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



5. **Peronospora** (*Plasmopara*) **viticola.** Falscher Mehltau des Weinstocks.

Der Pilz erzeugt weißliche Schimmelrasen besonders auf der Unterseite der Blätter, welche dadurch erkranken und abfallen. In den Trauben erzeugt er „Lederbeeren“. Unter dem Mikroskop erscheinen diese Rasen zusammengesetzt aus bäumchenförmigen Konidienträgern, welche aus den Spaltöffnungen hervorragen. Die Keimprodukte der Sporen infizieren die Weinstöcke von neuem und können besonders bei regnerischer Witterung sehr zur Verbreitung der Krankheit und damit zu weitgehenden Verheerungen beitragen.

Der falsche Mehltau stammt aus Nordamerika; er ist fast noch gefährlicher als der echte (*Oidium tuckeri* = *Uncinula spiralis* = Aescherig), der in erster Linie Beerenkrankheiten, aber auch Blattbefall verursacht. Seine Bekämpfung geschieht durch Bespritzen der Weinstöcke mit Kupferkalkbrühe, während gegen *Oidium* hauptsächlich Schwefeln angewendet wird. Man vergleiche Flugblatt Nr. 41.

Phytophthora infestans, ein schmutziggrauer Blattschimmel, bewirkt die Krautfäule der Kartoffelpflanzen. Näheres siehe bei Appel u. Westerdijk (1).

— **Olpidium luxurians** (nicht abgebildet).

Parasitiert auf im Wasser schwimmenden Pollenkörnern, besonders der Kiefer. Läßt sich durch Aufstreuen von Pollen auf Oberflächenwasser einfangen. Eine gute Übersicht über die Substrate, auf denen Chytridineen und Ancylistineen leben, findet sich bei M. v. Minden (1). Über *Chytridium olla* vgl. *Oedogonium*.

6. **Exoascus pruni.** Taschenkrankheit der Pflaumen.

Der Pilz verunstaltet die Früchte bestimmter Pflaumensorten. Das Mycel durchzieht parasitisch auch Teile der Zweige und erzeugt Askuslager als gelbgrauen Reif auf den kranken Früchten unter der Kutikula.

Dürre Witterung hemmt seine Entwicklung. Er wird in der Weise bekämpft, daß man die kranken Früchte unschädlich macht (z. B. durch Verbrennen oder Eingraben) und die befallenen Zweige zurückschneidet. Näheres s. im Flugblatt Nr. 30.

7. **Rhytisma acerinum.** Teerfleckenkrankheit der Ahornblätter.

Das Bild zeigt die Krankheit auf einem Blatt des Spitzahorns (*Acer platanoides*). Die Membranen der Pilzfäden sind schwärzlich gefärbt. Askuslager entstehen auf den schwarzen Partien erst im Frühjahr, nachdem die abgefallenen Blätter während des Winters auf dem Boden gelegen haben.

Der Pilz ist kein besonderer Schädling. Man beseitigt ihn leicht, wenn man die kranken, abgefallenen Blätter verbrennt oder vergräbt (s. Flugblatt Nr. 29).

8. **Sphaerotheca mors uvae.** Erzeuger des amerikanischen Mehltaues des Stachelbeerstrauches.

Der Pilz befällt die Blätter, Triebe und Früchte des Stachelbeerstrauches. Auf den Beeren erzeugt er braune, derbe Flecken, auf welchen Askusfrüchte entstehen. Bezüglich der Bekämpfung vergleiche man Flugblatt Nr. 35.

9. **Cordyceps militaris.**

Der Pilz vermag, wie Versuche gezeigt haben, auch gesunde Raupen zu befallen und zu töten. Sein weißes Mycel verbreitet sich in dem Körper der Raupe und treibt aus dieser die Askusfrucht in Form gelbroter, auffälliger Keulen von mehreren, bis 6 cm Höhe.

Man findet den Pilz in manchen Jahren ziemlich häufig in Wäldern; die Raupen liegen flach unter der Erde, während die gelbroten Keulen hervorragen.

10. **Claviceps purpurea.** Mutterkorn.

Der Pilz erscheint zunächst als sogenannter „Honigtau“ an den Blüten mancher Gräser, besonders des Roggens, in seiner Konidienform. Mit dem Reifen der Ähren verdichtet sich das Mycel in den Fruchtknoten zu dem unter dem Namen Mutterkorn bekannten purpurschwarzfarbenen, festen Gebilde. Dieses „Sklerotium“ (Hartmycel) enthält Gifte [z. B. das Alkaloid Ergotinin ($C_{35}H_{40}N_4O_6$)], sonst aber, wie alle Speicherorgane, auch wertvolle Nährstoffe, wie Phosphor, Lecithin und Fett (bis 35%).

Die Sklerotien können zum Austreiben gebracht werden, wenn man sie bald nach der Getreideernte auf feuchten Sand oder feuchte Erde legt und damit nur teilweise bedeckt. Bewahrt man die Kulturen etwas kühl auf, so beginnen sich nach Verlauf von 3 oder mehreren Monaten die in der Abbildung wiedergegebenen Stiele mit einem Köpfchen, in dem Perithecien mit Askusschläuchen eingesenkt sind, zu entwickeln.

Der Pilz wird dadurch bekämpft, daß man die Mutterkörner beseitigt und zur Saat möglichst reines Material verwendet; vgl. auch Flugblatt Nr. 21.

11. **Nectria cinnabarina.** Rotpustelkrankheit der Bäume.

Dieser Pilz macht sich besonders durch rötliche Knötchen auf meist abgestorbenen Ästen vieler Gehölzarten bemerkbar; die Polster treten nach Sprengen der Rindenpartien hervor.

Die Konidienlager sind hellrot, die Askusfrüchte dunkelrot. Die Farbstoffe, welche ihren Sitz in den Membranen haben, sind mit Schwefelkohlenstoff extrahierbar.

Der Pilz kann außer als Saprophyt auch als Wundparasit auftreten.

Nectria ditissima erzeugt Krebs bei manchen Apfelsorten (Gravensteiner sind fast krebsfrei). Vgl. Flugblatt Nr. 17 u. 25.

Weitere Baumschädiger siehe unter *Polyporus*.

— **Monilia** (*Sclerotinia*) **cinerea.** Abb. 16.

Diese *Monilia* befällt besonders Kirschen und macht die Früchte faul. *Scl. fructigena* findet sich mehr auf Kernobst.

Die Bekämpfung der Krankheit geschieht dadurch, daß man alles Kranke verbrennt oder vergräbt. Näheres s. im Flugblatt Nr. 14.

12. **Ustilago avenae.** Flugbrand des Hafers.

Das Mycel des Brandpilzes wächst mit der sich entwickelnden Pflanze empor und zerstört die Blüten, in denen sich die bekannten verstäubenden dunklen Brandsporen entwickeln. Die Abbildung zeigt einen Teil einer Haferrispe, in der die Zerstörung an den unteren Partien der Spelzen sichtbar ist. Der Pilz kann die ganzen Ährchen in eine schwärzliche Masse verwandeln.

Die Brandsporen keimen schon in Wasser, doch pflegen Nährlösungen die Keimung zu fördern.

Man bekämpft den Pilz durch vorsichtiges Behandeln des Saatgutes mit Formalin oder Heißwasser, wodurch die Sporen abgetötet werden; vgl. Flugblatt Nr. 38.

Tilletia caries verursacht den Stinkbrand des Weizens. Der Geruch der Sporen wird durch Trimethylamin bedingt.

Näheres s. im Flugblatt Nr. 26.

13. **Puccinia graminis.** Rost der Getreidepflanzen.

Nach Thomas Puccini, Professor der Anatomie am Lyzeum zu Florenz.

Der Pilz findet sich auf allen Getreidesorten und auf vielen anderen Gräsern; er erzeugt hier rotgelbe Uredosporen und braune Teleutosporen. Die Aecidiumbecher entstehen auf den Blättern der Berberitze oder auf denen von *Mahonia aquifolium* (Wirtswechsel). Sie werden dort als Berberitzen-Fleckenrost oder -Becherrost bezeichnet (s. die Abb.).

Mit etwa 14fach vergrößernden Lupen kann man oft ausgezeichnet (und besser als mit 25mal vergrößernden) beobachten, daß die Teleutosporenlager (z. B. auf Schilfblättern) unter der Epidermis hervorbrechen.

Will man von solchen Sporen mikroskopische Dauerpräparate anfertigen, so befeuchtet man sie zuvor mit Alkohol und kratze sie dann mit einer Nadel oder dergleichen ab.

Die Aecidium-Becher*) eignen sich sehr gut zu mikroskopischen Trockenpräparaten auf schwarzen Objektträgern mit aufgekittetem Ring. Die Präparate liefern bei schwacher mikroskopischer Vergröße-

*) Solche Becher finden sich in der Sammlung Brendelscher Modelle.

rung sehr gute Bilder, wenn man sie von oben her mit einer hellbrennenden elektrischen Taschenlampe beleuchtet. Auch Teleutosporen, besonders von *Phragmidium rosarum*, lassen sich auf diese Weise gut beobachten.

Klima und Boden sind von Einfluß auf die Heftigkeit, mit welcher die Krankheit auftritt.

Die bekannte Umgestaltung der Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*) wird durch das Aecidium-Stadium von *Uromyces pisi* bewirkt.

Näheres s. bei H. Klebahn (1 u. 2).

14. **Exobasidium vaccinii.**

Der Pilz schmarotzt auf den Arten der Gattung *Vaccinium*, besonders auf den Preißelbeeren (*V. vitis idaea*), deren Blätter und Stengel er befällt und fleischig auftreibt. Die weißen Lager der Basidien (Hymeniumschicht) entstehen unter der Epidermis und brechen durch diese hervor.

15. **Phoma rostrupii.**

Dieser Pilz befällt die Mohrrübe (*Daucus carota*) an den Wurzeln und Stengeln. Die geschädigten Stellen bilden die Herde zur Entwicklung von Pykniden in Form von kleinen Knötchen. Die Sporen treten aus diesen als wurstartige Gallertmassen aus.

Die durch den Pilz befallenen Mohrrübenpflanzen setzen in der Regel keine Früchte an. Die Krankheit tritt hauptsächlich in Gegenden mit Seeklima auf. Die Gattung *Phoma* hat auch Vertreter, welche sich im Wasser entwickeln und dort einen weißen Wasserschimmel bilden.

16. **Monilia cinerea.** Siehe unter Ascomycetes.

— **Fusicladium dendriticum** (nicht abgebildet) bildet die bekannten schorfigen, harten Flecken, besonders auf Äpfeln, ohne sie eigentlich zu verderben. Auf der Birne findet sich *F. pirinum*. Näheres s. im Flugblatt Nr. 1. 5. Aufl., 1911.

* * *

4. Höhere Pilze.

Die Physiologie der höheren Pilze ist zurzeit noch wenig erforscht, jedenfalls nicht so gründlich wie ihre Morphologie und zum Teil auch Entwicklungsgeschichte. Die Standortsverhältnisse und sonstige Lebens- und Formeneigentümlichkeiten dieser Gruppe bieten aber soviele Hinweise auf ihre Ernährung und ihren Stoffwechsel, daß sich immerhin ein einigermaßen abgerundetes Bild von ihrer Lebensweise in Beziehung zum ernährenden Medium geben läßt.

Die Hauptentwicklung der höheren Pilze findet in der freien Natur im Spätsommer und Herbst statt, wenn vorwiegend feuchtes und warmes

Wetter herrscht. Durch die um diese Jahreszeit im Boden stattfindenden Zersetzungsprozesse werden die Ausbreitung des Mycels*) im Boden und das Hervorbrechen der Pilzkörper wesentlich begünstigen. Viele Pilze zeigen eine sehr schnelle Entwicklung, da sie über Nacht emporschießen können, sie sind aber vielfach auch schnell vergänglich, besonders dadurch, daß sie von den Maden der Fliegenmücke der Pilze (*Mycetophila*) und von Nacktschnecken (*Arion subfuscus*) zerfressen oder von Bakterien zersetzt werden. Die zur Herbstzeit lebhaften Vermoderungsprozesse kommen besonders im Buchenwald zum Ausdruck, der zu manchen Zeiten und bei größerer Feuchtigkeit etwas nach dumpfer Kellerluft riechen kann.

Die näheren Beziehungen zum Standort treten besonders bei mistbewohnenden Pilzen hervor, ferner bei solchen auf morschem Holz; auch hier zeigen sich offensichtlich die Beziehungen zu organischen Substanzen, die bei saprophytischer Lebensweise von Bedeutung sind. Die Ernährung der sandbewohnenden Pilze bedarf noch eines näheren Studiums; vielleicht sind diese mit besonderen physiologischen Fähigkeiten ausgestattet.

Übersicht über die höheren Pilze.

Für die Besprechung hauptsächlich physiologischer und ökologischer Fragen sollen die folgenden Vertreter etwas näher behandelt werden. Alle Abbildungen sind Neuzeichnungen, teils Originale, teils nach den Arbeiten von Cooke, Hennings und Michael.

Ascomycetes.

Tafelfig. 1. Peziza aurantia.
" 2. Morchella conica.
Tuber melanosporum.
" 3. Xylaria hypoxylon.

Basidiomycetes — Keulenpilze.

Tafelfig. 4. Clavaria pistillaris.
Clavaria botrytis.
Sparassis crispa.

Basidiomycetes — Stachelpilze.

Tafelfig. 5. Hydnum auriscalpium.
Hydnum imbricatum.

Basidiomycetes — Löcherpilze.

Tafelfig. 6. Merulius lacrymans.
" 7. Polyporus versicolor.
" 8. Boletus bulbosus.

*) Mycelium = Pilzmutter.

Basidiomycetes — Blätterpilze.

	Cantharellus cibarius.
Tafelfig. 9.	Coprinus comatus.
„ 10.	Marasmius alliatus.
„ 11.	Nyctalis parasitica.
„ 12.	Lactaria deliciosa.
„ 11.	Russula adusta.
„ 13.	Galera (Derminus) hypni.
„ 14.	Omphalia fibula.
„ 15.	Mycena sanguinolenta.
„ 16.	Collybia tuberosa.
„ 17.	Tricholoma equestre.
	Hypholoma fasciculare.
	Cortinarius Species.
	Psalliota campestris.
„ 18.	Armillaria mellea.
	Lepiota procera.
„ 19.	Amanita mappa.
	Amanita muscaria.

Basidiomycetes — Bauchpilze.

	Phallus impudícus.
Tafelfig. 20.	Lycoperdon gemmatum.
„ 21.	Scleroderma vulgare.

Abb. 67. *Peziza repanda*, Fruchtformen. Links: Askus mit 8 Sporen; rechts: Konidienträger. (Nach O. Brefeld.)

1. **Peziza aurantia.** Orange-Becherpilz.

Die Pezizen wachsen meist herdenweise auf bloßer Erde oder auf verschiedenen zersetzlichen Pflanzenteilen. Die Fruchtkörper sind in der Regel fleischig weich und kahl. Die Asci sitzen auf der Innenseite der Becher. Die reifen Askusporen werden in feinen Wölkchen ausgestoßen, sobald man den Pilz in trockene Luft bringt.

Einige Verwandte von *Peziza* leben im Wasser.

Peziza ist ein hochstehender Askomycet mit zwei Fruchtformen (s. Abb.).

2. **Morchella conica.** Spitzmorchel.

Die Fruchtkörper dieses Pilzes entwickeln sich besonders vom März bis Mai, selten vom August bis Oktober. Sie sind wie diejenigen von *M. esculenta* wegen ihres Aromas als Zutat zu Speisen sehr geschätzt.



Höhere Pilze I.
Erläuterungen siehe S. 118.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.





Höhere Pilze II.
Erläuterungen siehe S. 122.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



Helvella esculenta, die Lorchel, kann in rohem Zustande bisweilen deutliche Mengen der sehr flüchtigen Helvellasäure ($C_{12}H_{20}O_7$) enthalten, welcher schwach giftige (hämolytische) Eigenschaften zugeschrieben werden. Durch Erhitzen und Trocknen des Pilzes wird das Gift zerstört. (Vergl. Lafar [1]).

Tuber melanosporum. Perigordtrüffel.

Die als Trüffeln bekannten Askusfrüchte finden sich meistens 5—6 cm tief unter der Oberfläche im Humus der Wälder, besonders der auf kalkhaltigem Boden gedeihenden Eichenwälder. Das Mycel des Pilzes steht mit den Wurzeln der Bäume in Verbindung.

Die sehr aromatische Perigordtrüffel, eine Form von *Tuber brumale*, findet sich besonders in Frankreich und Italien, sehr vereinzelt auch in den Rheinwäldern Badens.

Die Fruchtkörper des Pilzes (welche käuflich sind), eignen sich sehr gut zu mikroskopischen Präparaten zur Demonstration der Askussporen. Als Einbettungsmittel kann Glyzerin oder Glyzeringelatine verwendet werden.

3. **Xylaria hypoxylon.** Geweihförmiger Holzpilz.

Das Stroma des Pilzes mit den eingesenkten Perithecien ist meist schwarz, anfangs durch die Konidien weiß bestäubt. Er wächst meist auf Baumstümpfen.

4. **Clavaria pistillaris.** Herkuleskeule.

Der Pilz trägt die Basidien auf der Oberfläche der Keule. Er findet sich meist einzeln auf grasigem Boden, besonders in Laubwäldern. Er wird bis 25 cm hoch.

Clavaria botrytis. Hirschpilz, Korallenpilz.

Die Gestalt dieses Speisepilzes erinnert an Blumenkohl (*Brassica oleracea* f. *botrytis*). Er wächst besonders in Buchenwäldern zwischen Moos und Gras.

Sparassis crispa. Krauser Ziegenbart.

Die Fruchtkörper von *Sparassis* erinnern in der Form an einen großen Schwamm oder an Schwammkorallen mit blattförmig zusammengedrückten Ästen. Sie können bis 60 cm Durchmesser erreichen. Man findet sie an Stümpfen von Kiefern und auf der Erde, vorwiegend in Kiefernwäldern.

5. **Hydnum auriscalpium.** Ohrlöffelpilz.

Dieser Stachelpilz wächst auf in Zersetzung befindlichen Kiefern- und Tannenzapfen.

Hydnum imbricatum (jung eßbar) gedeiht auf Erde in Kiefernwäldern. Sein Aussehen von oben hat zur Bezeichnung Habichtspilz, sein Anblick von unten zur Bildung des Namens Rehpilz Anlaß gegeben.

6. **Merulius lacrymans.** Hausschwamm.

Der Pilz ist mehrfach als Saprophyt in Glasgefäßen rein gezüchtet worden. Lebenskräftige Sporen des *Merulius* keimen bei 25° C innerhalb 24 Stunden in ca. 2,5%iger Malzextraktlösung mit 1% Mono-Ammoniumphosphat.

Der Hausschwamm ist als Holzzerstörer berüchtigt. Er macht wie verschiedene andere Pilze das Holz mürbe und rissig. Sein Mycel bildet weiße Watten mit derben Leitsträngen (Nährmycel), wie sie die Abbildung zeigt. Er dringt auch in Mauerwerk ein und kann sich von dort aus wieder auf Holzteile weiter ausbreiten. Schließlich bilden sich lappige Fruchtkörper mit brauner, grubiger Oberfläche. Ausgezeichnete Abbildungen des Hausschwammes finden sich bei R. Falck (1). Vgl. auch A. Möller (1) und v. Tubeuf (1).

An mikroskopischen Schnitten durch befallenes Holz erkennt man, daß der Pilz die Zellulosemembranen durchdringt. (Cytasewirkung). Vergl. F. Czapek (2). Der Pilz enthält auch Diastase.

7. **Polyporus versicolor.** Bunter Löcherpilz.

Die perennierenden, lederig-holzigen, mit bunten Zonen versehenen Fruchtkörper dieses Pilzes finden sich sehr häufig an Baumstümpfen, meist in dachziegelartiger Anordnung; er lebt saprophytisch. Andere Polyporeen sind Baumzerstörer und vielfach echte Parasiten. Näheres s. bei R. Hartig (1), A. Möller (1), Engler-Prantl (1). Nach den eingehenden Untersuchungen von H. Münch (1) ist wassersattes und dabei luftarmes Holz ziemlich immun gegen den Befall durch zahlreiche Pilze.

Über das Verhalten der inkrustierenden Holzsubstanzen (Hadromal und Lignin) gegenüber Pilzen vergleiche man J. Lindroth (1).

8. **Boletus bulbosus.** (*edūlis*). Steinpilz.

Name von bolites, bei den Griechen ein eßbarer Pilz.

Der Steinpilz ist an seiner Form, der Netzzeichnung am Stiel und an den braunen Sporen, welche an den Wänden der Löcher sitzen, kenntlich (Versuch s. bei *Psalliota*). Fehlt das Netz, so liegt in der Regel *Boletus* (= *Suillus*) *castaneus* mit weißem Sporenpulver vor.

Der Steinpilz enthält, wie viele andere Speisepilze und frisches Gemüse, ca. 87—90% Wasser*). Neben Eiweiß sind durch die Analyse nachgewiesen: Mannit, Zucker, Fett, außerdem ziemlich reichlich Kali und Phosphorsäure; vgl. A. König (1).

Die Blaufärbung des Fleisches mancher *Boletus*-Arten scheint durch laccase-ähnliche Oxydasen bewirkt zu werden.

Wenn im Steinpilz Gifte entstehen, handelt es sich um alte, zersetzte Exemplare, in welchen sich durch Eiweißzerfall Putrescin bildet.

*) Rindfleisch enthält ca. 75% Wasser.

Cantharellus cibarius. Pfefferling.

Diminutiv von cantharus, Name für ein becherartiges, weitbauchiges Trinkgefäß (Humpen).

Der Pilz, welcher allgemein genossen wird, wächst mit Vorliebe in Kiefernwäldern. Im rohen Zustande hat er einen schwach pfefferartigen Geschmack.

9. **Coprinus comatus** (= *porcellanus*). Tintenpilz.

Name von copros = Dung, Mist.

Der Pilz zerfließt, wie auch die Abbildung zeigt, beim Absterben zu einer schwarzen, tintenartigen Masse, an deren Bildung auch Mikrobien beteiligt sind, welche dem *Bacterium chitinovorum* nahe stehen. Die Membranen zeigen nach der chemischen Analyse chitinartige Bestandteile. Das Zerfließen findet auch bei jungen, festen Exemplaren statt, wenn man sie vom Substrat abtrennt und in ein Glas legt. Nach einigen Tagen werden die Fruchtkörper weich, schwärzlich und zum Teil verflüssigt.

Die schwarzen eiförmigen Sporen der zerflossenen Exemplare dieser Art, auch von *Coprinus atramentarius* (atramentum = Tinte), kann man in größerer Menge in mit Formalin versetztem Wasser aufbewahren und zu mikroskopischen Sporenpräparaten in Glyzeringelatine verwenden.

Coprinarius (*Panaeolus*) *campanulatus* und andere schwarzsporige Pilze (Atrosporeae) mit kleinen Hüten kann man nach Entfernung des Stieles direkt auf einen Objektträger legen und die Lamellen durch das Ausfallen der Sporen abbilden lassen und konservieren. Auf diese Weise gewinnt man lehrreiche makroskopische und zugleich mikroskopische Sporenbilder.

Manche *Coprinus*-Arten sezernieren in feuchter Luft nach F. Knoll (1) mittels Hydathoden am Stiel Wassertröpfchen, welche Kaliumoxalat, ein bei Pilzen nicht seltenes Ausscheidungsprodukt, enthalten.

Coprinus stercorarius, ein typischer Mist-Tintenpilz, entwickelt sich leicht, wenn man frischen Pferdemist einige Zeit unter einer Glocke stehen läßt. Er bildet Sklerotien, bei deren Austreiben man die Abnahme von Eiweiß leicht feststellen kann. Stärke fehlt, wie überhaupt bei Pilzen, auch in diesen Sklerotien.

10. **Marasmius alliatus** (= *M. scorodonius*). Musseron.

Name von marasmos = Verwelken, da der Pilz meist vertrocknet und nicht verfault.

Der Pilz riecht und schmeckt nach Knoblauch und dient als Gewürz an Speisen. Die Spezies *M. alliaceus* riecht so stark, daß der durch ein einziges Exemplar erzeugte Geruch im ganzen Zimmer wahrgenommen werden kann.

Der Musseron wächst besonders an Waldrändern an Graswurzeln, auf abgefallenen Zweigen und an Baumstümpfen.

M. rotula, der dem Musseron ähnlich sieht, aber nicht riecht, wächst herdenweise an dünnen Zweigen und zeigt deutlich geotropische Krümmungen der Hutstiele.

Tricholoma graveolens, der Maischwamm, wird ebenfalls als Musseron bezeichnet.

11. **Nyctalis parasitica** (*nyctalos* = schläfrig, schlaff).

Der Pilz wächst, wie die Abbildung zeigt, auf Hüten von *Russula adusta* und auf den verhältnismäßig widerstandsfähigen Fruchtkörpern von *Russula nigricans* (enthält Tyrosin).

12. **Lactaria deliciosa.** Echter Reizker.

Dieser Speisepilz enthält reichliche Mengen eines lebhaft gelbroten Milchsaftes. Dieser findet sich in durch Fusionen gebildeten Röhren von verhältnismäßig weitem Volumen.

Die Milchsaftröhren der Pilze scheinen wie bei den höheren Pflanzen der Leitung plastischer Baustoffe zu dienen. Der Pilz ist ziemlich reich an Fetten (5—6%); nach Em. Bourquelot enthalten die Lactarien auch ziemlich viel Mannit.

Lactaria piperata enthält einen bei Verletzung wie Milch fließenden Saft von scharf brennendem Geschmack, von dem keine Giftwirkung bekannt sind. Das Brennen auf der Zunge wird nicht durch Rhaphiden erzeugt. Stärkekörner fehlen wie bei Pilzen überhaupt.

Russula Species. Abb. s. unter *Nyctalis.* Täubling.

Die Gattung der Täublinge ist sehr artenreich. Sie ist anatomisch gekennzeichnet durch zwei Hyphengewebe (wie *Lactaria*), aber es fehlt der Milchsaft. Äußerlich fallen die *Russula*-Arten durch die straffen

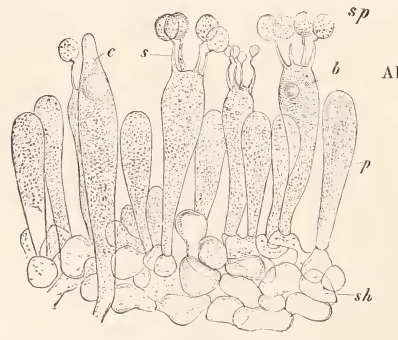


Abb. 68. *Russula rubra*, Lamellenschnitt.
sh subhymeniale Schicht.
b Basidien.
s Sterigmen.
sp Sporen.
p Paraphysen.
c Cystide.
(Nach Strasburger)

Lamellen auf, welche sich gut zu Schnitten zum Demonstrieren der Basidien eignen (s. die Abb.). *Russula* hat weiße, *Russulina* gelbliche Sporen.

Der bei *Russula* weit verbreitete rote Farbstoff der Hutoberfläche läßt sich mit Wasser oder verdünntem Alkohol ausziehen; vgl. Zopf (1).

Russula-Arten, soweit sie bisher untersucht sind, enthalten das Ferment Tyrosinase, welches Aminosäuren angreift.

Die bei der vorliegenden Gattung (inkl. *Russulina*) sich findenden verschiedenen Farben kommen in folgenden Artennamen zum Ausdruck: *lutea*, *ochroleuca*, *aeruginosa* (kein Chlorophyll), *virescens*, *cyanoxantha*, *sanguinea*, *rosacea*, *xerampelina* (wie eingetrockneter Rotwein) usw.

13. **Galera (Derminus) hypni.**

Name von galērum = Kappe.

Hut sehr dünnfleischig, fast nur häutig, ohne Schleier am Rande (Evelatae). Sporenpulver und Pilz braun. Gern auf feuchter Erde zwischen Moos wachsend, bis ins Hochgebirge verbreitet.

Eine Übersicht über Evelatae, Velatae usw. siehe bei P. Hennings in Engler-Prantl (1), S. 232.

14. **Omphalia fibula.** Nabelpilz.

Name von omphalos = Nabel, Buckel und fibula = Heftnadel, Bolzen.

Die gelblichen kleinen, zarten Pilze wachsen an feuchten Waldstellen zwischen Moos.

15. **Mycena sanguinolenta.**

Name wahrscheinlich von mykes = Pilz, sanguinolentus = blutig.

Der zarte Pilz wächst in Wäldern zwischen Blättern, Moos usw. Er enthält einen blaßschmutzigroten Saft.

Mycena zephira: einer der häufigsten Waldpilze.
,, *epipterygia:* herdenweise zwischen Moos.
,, *galericulata:* büschelweise an Baumstümpfen.
,, *alcalina:* riecht stark laugenartig.
,, *metata:* riecht schwach laugenartig, auch an salpetrige Säure erinnernd.
,, *pura:* riecht rettigartig.

16. **Collybia tuberosa.**

Name von kollybos = kleine Münze, wegen Ähnlichkeit der oft kleinen und flachen Hüte mit Geldstücken.

kleinen und flachen Hüte mit Geldstücken.

Der Stiel der *Collybia*-Arten hat eine knorpelige Haut und ist innen hohl oder mit schwammigem Mark erfüllt. Die Fruchtkörper der vorliegenden Art wachsen aus Sklerotien (Hartmycel) hervor.

17. **Tricholoma equestre.** Grünling.

Der Hut ist anfangs fast kugelig, später ausgebreitet. Der Stiel, das Fleisch und die Lamellen sind gelb, oft mit einem Stich ins Grünliche.

Der Pilz wächst in sandigen Kiefernwäldern und bricht meist erst nach ziemlich weiter Entwicklung aus dem Boden hervor. Er ist ein guter Speisepilz.

Hypholoma fasciculare. Schwefelkopf.

Der Pilz wächst in Büscheln an Baumstümpfen, morschem Holz usw. Seine purpurschwarzbraunen Sporen fallen leicht aus. Die Lamellen sind in der Jugend von einem Schleier (velum partiale) bedeckt, welcher nach der Entfaltung am Rande als kleine Fetzen zurückbleibt (Velatae).

Cortinarius Species.
(cortina = Hutsaum, Randschleier).

Die Arten der Gattung *Cortinarius* sind braunsporig (Phaeosporeae), haben ein mehr oder weniger deutliches Velum partiale und zeichnen sich häufig durch Schleimbildung aus.

Psalliota campestris (= *Agaricus campestris*), Champignon.

Der Champignon besitzt dunkelpurpurne Sporen (Amaurosporeae), welche in Masse gebildet werden und reichlich ausfallen (s. die Abb.). Ein Exemplar kann einige Kubikzentimeter Sporenmasse





Abb. 69. *Psalliota campestris*, Champignon. Links: Sporen aus dem Kopf auf Papier ausgefallen; rechts: Längsschnitt durch den Pilz, nach einem Herbarexemplar. $^1/_2$ nat. Größe. (Orig.)

erzeugen. Der Stiel trägt einen Ring (Annulatae). Der Pilz wird im Großen kultiviert, im ausgedehntesten Maßstabe in den Katakomben von Paris. Ebenfalls kultivierbar (meist aus in Wasser aufgeschwemmten Sporen) sind von höheren Pilzen noch:

Morchella esculenta,	*Pleurotus ostreatus,*
Helvella esculenta,	*Clitopilus prunulus,*
Russula virescens,	*Pholiota mutabilis,*
Collybia Species,	*Armillaria mellea,*
Russuliopsis laccata,	*Amanita rubescens*

u. a. m.

Nebenstehend ist das Champignonhaus der Kgl. Gärtnerlehranstalt zu Dahlem abgebildet*), welches sich durch gut durchdachte Konstruktion auszeichnet.

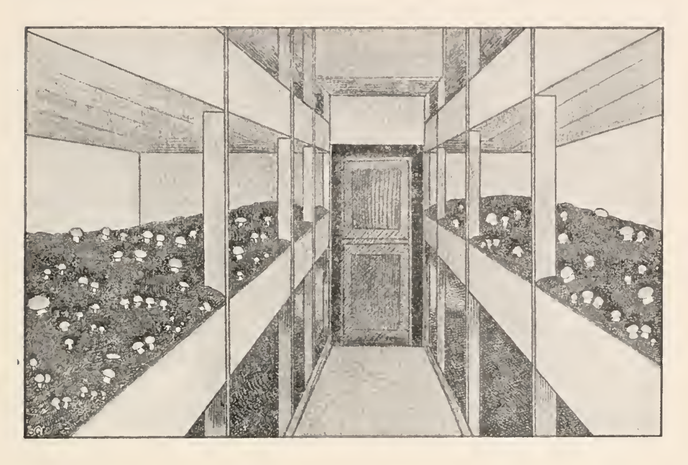


Abb. 70. Blick in das Champignonhaus der Kgl Gärtnerlehranstalt zu Dahlem

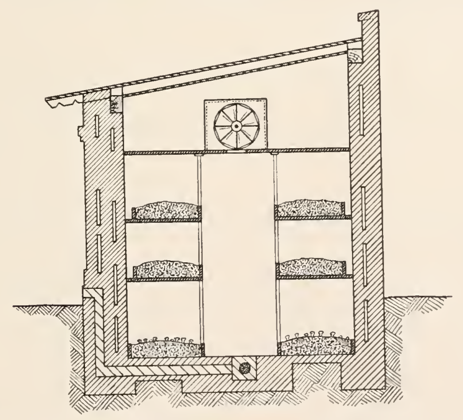


Abb. 71. Querschnitt durch das Champignonhaus, die Kulturbeete und die Ventilationseinrichtungen zeigend.

Zu erfolgreicher Kultur ist die Innehaltung einer Reihe von Bedingungen unerläßlich:

*) Die Abbildungen sind dem mir freundlichst von Herrn Direktor Ökonomierat Th. Echtermeyer zur Verfügung gestellten Bericht der Kgl. Gärtnerlehranstalt in Berlin-Dahlem für die Jahre 1906 bis 1907 entnommen worden.

a) Die Innentemperatur des Hauses muß ziemlich unabhängig gehalten werden von der Außentemperatur. Sie soll nicht unter + 10° C und nicht über + 17° C betragen. Gewöhnliche Zimmertemperatur ist in der Regel schon zu warm; eine gute Mitteltemperatur ist + 14° C, mindestens + 12° C.

Für den Winter muß eine Heizvorrichtung vorgesehen sein, wenn man während dieser Zeit Pilze züchten will. Bei primitiven Anlagen sind Frühling und Herbst die besten Kulturzeiten.

b) Der Raum muß sich in allen Teilen gut lüften lassen, d. h. man muß frische Luft zuführen und die verbrauchte ableiten können. Das Kulturhaus muß mindestens 2—2½ m hoch und darf nicht naß sein.

c) Der Raum wird vor Beginn der Kultur gründlich gescheuert und mit frischer Kalkmilch ausgespritzt, welcher zur Bekämpfung der sogenannten Champignonfliege etwas Alaun zugesetzt ist.

d) Der für die Kulturbeete benutzte Pferdemist wird mit Stroh (Mycelleiter) und Lehm vermischt. Er muß abgären, darf also nicht mehr stechend riechen, und muß noch eigene Feuchtigkeit besitzen.

e) Champignonbrut kann im Freien gesammelt werden, wird aber besser von guten Firmen gekauft, da man in diesem Falle bestimmte, bewährte Sorten ziehen kann. *Psalliota campestris* ist vollfleischiger als *Ps. arvensis.*

18. **Armillaria mellea** (= *Agaricus melleus*). Hallimasch.

Name von armilla = Armband, Manschette.

Der Hallimasch ist außer am Habitus sehr leicht kenntlich an der charakteristischen fleckigen Beschuppung seiner oft honiggelben Hutoberfläche. Das Mycel des Pilzes wächst im Holz und in der Rinde hauptsächlich von Bäumen, besonders Kiefern, und tötet diese allmählich ab. Durch Beschädigung der Harzkanäle entstehen Harzergüsse nach außen.

Die Rhizomorpha subterranea, eine strangartige, außen schwärzliche, derbe Mycelform, besitzt in ihren jungen Teilen (Spitzen) die Fähigkeit, im Dunkeln zu leuchten. Rhizomorphen können auf Wiesen in Drainröhren eindringen und diese durch Bildung armstarker Bündel verstopfen, also auch durch nicht parasitäre Eigenschaften lästig fallen. Der Saft des Hutes reagiert deutlich sauer.

Der Pilz ist bei geeigneter Versuchsanstellung im Laboratorium auf Brot kultivierbar; vgl. v. Tubeuf (1). Siehe auch Flugblatt Nr. 22.

Lepiota procera. Parasolpilz.

Name von lepion = kleine Schuppe, wegen der Schuppen auf seiner Oberfläche.

Der erwachsene Pilz besitzt die Gestalt eines aufgespannten Schirmes; die Breite des Hutes kann bis 30 cm betragen. Der Pilz ist unter den Annulatae der stattlichste deutsche Vertreter. Er wächst in Wäldern, Gebüschen, auf Feldern usw.

19. **Amanita mappa**. Knollenblätterpilz.

In der Gattung *Amanita* finden sich eßbare (*A. pustulata* = *rubescens* und *A. umbrina* = *pantherina*) und giftige Arten. Unter diesen ist der Phallin und andere Gifte enthaltende Knollenblätterschwamm der gefährlichste; der Genuß zweier Exemplare dieses Pilzes kann schon einen Menschen töten. Die Sporen des Pilzes sind weiß.

Die Erscheinung, daß in ein und derselben Gattung eßbare und giftige Arten vorkommen, ist nichts Seltenes. Unter den Bakterien z. B. beobachtet man ähnliches; so ist *Bacterium typhi* pathogen, das nahe verwandte *Bacterium coli* dagegen nicht.

Amanita muscaria. Fliegenpilz.

(Frisch Fliegen tötend).

Die Gifte dieses Pilzes, das Alkaloid Muskarin ($C_5H_{15}NO_3$) und ein Toxin, scheinen an manchen Standorten und in manchen Gegenden zu fehlen.

Aus der roten, abgezogenen Oberhaut kann der Farbstoff mit Wasser teilweise ausgezogen werden; besser noch wirkt Alkohol. Der extrahierte Farbstoff fluoresziert grün.

Der Pilz läßt besonders gut die Eigentümlichkeiten der Volvatae erkennen, bei denen die Gesamthülle (Velum universale) nach der Entfaltung teils am Grunde als Scheide (volva), teils auf dem Hut als Fetzen zurückbleibt. Die Kraft, mit der sich der Hut entfaltet, ist ziemlich erheblich, da er kleine Gesteinsplatten emporheben kann.

Rozites gongylophora.

Name von gongylis = runde Rübe, Kohlrabi.

Der Pilz wird nach den Angaben von A. Moeller in Brasilien von Ameisen kultiviert. Diese ernähren sich von kohlrabiähnlichen Gebilden, welche am Mycel des Pilzes entstehen.

Phallus impudicus. Stinkpilz.

Die Abbildung des Pilzes ist die photographische Wiedergabe einiger von G. Herpell für das Herbar präparierten Exemplare (vgl. auch „Präparieren der Pilze").

In der Jugend besitzt der Pilz ungefähr die Gestalt und Farbe eines Hühnereies. Er sitzt der Erde auf und entnimmt seine Nährstoffe durch starke, wurzelähnliche Mycelstränge. Legt man ein solches eiartiges (völlig reifes) Jugendexemplar, das man vom Substrat losgelöst hat, in ein Wasserglas mit feuchtem, weißem Sand, so kann sich der Stiel des innerhalb der gallertigen Hülle vorgebildeten Pilzes innerhalb einiger Stunden zu seiner vollen Länge strecken. Während das eiartige Stadium geruchlos ist, verbreitet der entwickelte Pilz einen widerlichen Duft, der Insekten, welche die Sporen verbreiten, anlockt.

Nach den Untersuchungen von Errera enthält der Pilz Glykogen.

Die Familie der Phallaceae hat ihre Hauptverbreitung in den Tropen.

20. **Lycoperdon gemmatum.** Bovist.

Die Bovistpilze sind bis in das Hochgebirge weit verbreitet. Ihr Inneres ist im Alter trocken und mit Kapillitium und Sporen erfüllt. Diese verstäuben durch einen Riß am Scheitel bei trockenem Wetter.

Lycoperdon bovista erreicht einen Durchmesser bis zu 30 cm.



Abb. 72. *Phallus impudicus* Linn. Herbarexemplare aus den Wäldern bei St. Goar. Herbst 1898. Junge und entwickelte Exemplare in der Aufsicht und im Querschnitt. $^1/_2$ nat. Größe.

21. **Scleroderma vulgare**. Hartbovist, falsche Trüffel.

Der Fruchtkörper dieses Pilzes wächst auf der Erde oder halb unterirdisch. Der Pilz gilt als giftig.

Präparieren der höheren Pilze.

Viele höhere Pilze lassen sich, was vielfach nicht bekannt ist, ähnlich den höheren Gewächsen und größeren Algen, in Pflanzenpressen trocknen. Besonders die Hutpilze eignen sich dazu vielfach ausgezeichnet. Trennt man durch zwei Längsschnitte mittels eines Rasier- oder Taschenmessers ein dünnes (bis einige Millimeter starkes) Mittelstück heraus, so gibt dieses schon ein ziemlich anschauliches Bild vom Gesamtcharakter des Pilzes. Dieses Bild wird vervollständigt durch zweckentsprechend präparierte Oberflächenpartien und durch einen Naturselbstdruck der Lamellen mit ihren Sporen durch Auflegen des vom Stiel befreiten Hutes auf Papier, einen Teller oder dergleichen. Die Sporen sind nach etwa 10 Stunden und mehr auf die Unterlage reichlich ausgefallen und haben dadurch auf dieser den Verlauf der Lamellen abgebildet. Man vergleiche auch das bei *Coprinus* Gesagte und die Abbildung bei *Psalliota*. Die Sporen werden dann auf dem Papier fixiert, und zwar dadurch, daß dieses von unten her mit Alkohol befeuchtet wird, in welchem etwas Kolophonium gelöst ist. Die Lösung darf nicht zu gelb sein, damit die für die Bestimmung eines Pilzes wichtige Sporenfarbe (schwarz, purpurschwarz, braun, gelb, rosa, weiß) nicht verändert wird.

Dieser Abdruck und die übrigen Teile des Pilzes werden in geeigneter Form auf einen weißen Karton von Herbarformat aufgeklebt und geben dadurch ein anschauliches Bild des betreffenden Pilzes. Um seinen Standort zu kennzeichnen, kann man die Basis des Stieles mit Moos, Holzpartikeln, Blattresten und dergleichen umgeben.

Diese Präparation der höheren Pilze gelingt sehr leicht und erfordert wenig Mühe.

Nähere Angaben über die feineren Einzelheiten der Methode finden sich bei Herpell (1).

Will man solche Pilze unzerschnitten in ihrer natürlichen Form konservieren, so kann man sie mit mehr oder weniger großem Erfolg in eine etwa 10%ige Formalinlösung einlegen, muß aber diese Lösung zu Anfang mehrmals wechseln, da sie sich zu verfärben pflegt.

Es wird auch empfohlen, die Pilze in konzentrierten farblosen Rübensirup einzulegen, doch besitze ich über diese Art der Behandlung keine Erfahrungen.

Literatur über höhere Pilze.

Cooke (1), Zopf (1),
Gillet (1), Lindau (1),
Hennings (1), Michael (1),
Schroeter (1), Gramberg (1),
Ricken (1), Herter (1).

Zur kurzen Orientierung sei noch verwiesen auf das:

Pilzmerkblatt. Bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamt. Hierzu eine Pilztafel mit farbigen Abb. Preis 0,10 M. Verlag von Jul. Springer, Berlin.

IV. Gruppe. Lichenes (Flechten).

Flechten sind nach den Untersuchungen von Schwendener (2 und 3) Doppelwesen, zusammengesetzt aus Fadenpilzen und meist einzelligen Algen, in der Regel grüne *Cystococcus* oder *Protococcus*. Beide leben in Symbiose (= ergänzender Haushalt nach de Bary) miteinander: der Pilz bezieht von der Alge meist reichlich organische Nährstoffe, die Alge vom Pilz anorganische, aber wahrscheinlich auch gewisse spezifische organische [z. B. organische Säuren nach Tobler (2)], wenigstens bei einer größeren Zahl von Flechten. In einzelnen Fällen dringen die Pilzfäden in das Innere der Algenzellen ein und parasitieren somit in diesen. Die Bildung der farbigen Flechtensäuren scheint erst durch das Zusammenleben beider Komponenten bedingt zu sein. Ihre physiologische Bedeutung ist unbekannt; man vermutet in ihnen ein Schutzmittel gegen Tierfraß.

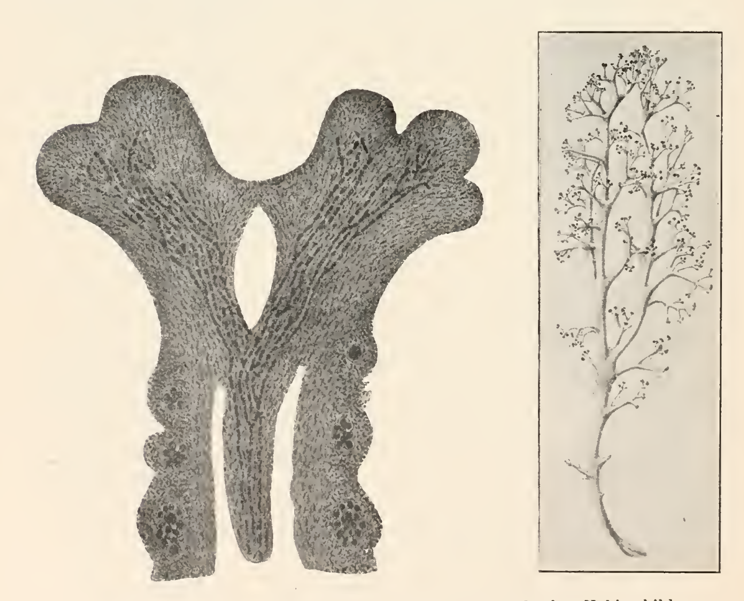


Abb. 73. *Cladonia rangiferina (silvatica).* Rechts Habitusbild. Links *Cladonia stellata.* Längsschnitt durch den Scheitelteil eines Astes einer Askusfrucht. Im Innern das Schlauchfasergewebe. In dem lockerfilzigen, peripherischen Gewebe sind die ersten Algengruppen sichtbar. Vergr. ca. 300fach. (Nach G. Krabbe.)

Als Beispiel zur Kennzeichnung des Lebens der Flechten ist die weitverbreitete und häufige Renntierflechte, *Cladonia rangiferina* (trotz mancher komplizierter Verhältnisse) besonders geeignet.

In beistehender Abbildung ist ein Habitusbild von *Cladonia rangiferina* (*silvatica*) und eine mikroskopische Ansicht einer Spitzenpartie nach G. Krabbe (1) wiedergegeben. Es handelt sich bei diesem Bilde um die Darstellung eines thallus verticalis (Fruchtkörper), während der eigentliche spezifische Vegetationskörper, der thallus horizontalis, bereits vergangen ist. An der Anlage dieses Fruchtkörpers ist nur die eine Komponente der Flechte, der Pilz, beteiligt, hauptsächlich dessen Schlauchfasergeflecht (askogene Hyphen).

Die Bekleidung der unebenen Peripherie des sich entwickelnden Fruchtkörpers geschieht durch die bei *Cladonia* sehr häufigen Soredien*) (welche zahlreich hauptsächlich durch den Wind angeweht werden), in selteneren Fällen wohl auch durch anfliegende Algen (Protococcaceae). Die Oberfläche wird dadurch allmählich körnig rauh. Bei manchen Arten (z. B. *Cl. squamosa*) wachsen diese soredialen Bildungen zu Thallusschüppchen aus, welche gleichsam als Blätter erscheinen; bei *Cl. rangiferina* bilden sie nur eine Art grüner Rinde, die durch seitliches Verwachsen der Soredien-Bruthäufchen entsteht. Soweit bisher bekannt, entwickeln sich auf einer bestimmten *Cladonia* immer nur die Soredien der gleichen Art, doch können Algen wohl auch von anderen Flechten stammen, wenn diese die gleichen besitzen wie *Cl. rangiferina*.

Die Soredien und Thallusbildungen an der Peripherie der Fruchtkörper sind von hoher ernährungsphysiologischer Bedeutung, da sie als Assimilationsorgane wirken, ähnlich wie grüne Blätter und Rinden.

Diese Funktion ist gerade für *Cl. rangiferina* von ausschlaggebender Bedeutung, weil hier nicht bloß der thallus horizontalis, sondern auch die Basis des Fruchtkörpers abstirbt. Der Basalteil vermag dann nur solche Nährstoffe aus dem Substrat zu beziehen, welche innerhalb des abgestorbenen Teiles mit dem Wasser kapillar emporsteigen. Eigene Stätten zur Bildung organischer Nährstoffe sind deshalb für die Fruchtkörper von *Cl. rangiferina* unerläßlich. Wir erkennen also in diesen Fruchtkörpern ernährungsphysiologisch vollkommen selbständige Gebilde, die dadurch befähigt sind, lange zu wachsen (jährlich etwa 3—5 mm), sicher über 100 Jahre lang, wenn sich an den Spitzen der Fruchtkörper nicht Askus-Hymenien bilden.

* * *

Die Standorte der Flechten können sehr verschiedener Natur sein: Erde, Baumrinden, Bretter, Steine, Felsen. Sie lieben in der Regel einen hellen, den Witterungseinflüssen ausgesetzten Standort, die Wetterseite.

---

*) Name von soros = Häufchen. Soredien sind Thalluskrümel, welche aus Pilz und Alge bestehen.

Gewisse Steinflechten sind, stellenweise in Gemeinschaft mit manchen Laubmoosen, die letzten Pioniere des pflanzlichen Lebens bis an die Schneegrenze und darüber hinaus. Sie ertragen dort große Kälte, Trockenheit und intensive Sonnenbestrahlung.

Die Gesteinsflechten dürften, nach ihrem Standort zu urteilen, ganz besonders auf die von ihren Algen produzierte organische Nahrung angewiesen sein. Durch Abscheidung von Kohlensäure und Flechtensäuren dürften sie zur Verwitterung des Gesteins, vor allem zur Lösung des Kalkgesteins, beitragen.

Übersicht über Habitustypen der Flechten.

Strauchflechten	Blattflechten	Gallertflechten	Krustenflechten
Cladonia *Evernia* *Usnea*	*Xanthoria* *Parmelia* *Peltigera*	*Collema* *Ephebe* *Lichina*	*Lecanora* *Rhizocarpon* *Graphis*

Die einzelnen Gruppen sind durch Übergänge miteinander verbunden. Die Einteilung nimmt auf die verwandtschaftlichen Verhältnisse keine Rücksicht.

Die Blattflechten unterscheiden sich von den Krustenflechten durch eine weniger innige Verschmelzung ihres Thallus mit dem Substrat.

Sämtliche Figuren der nachfolgend behandelten Flechten (vgl. die Tafel) sind nach der Natur gezeichnet. Auf genauere physiologische Einzelheiten konnte nur an einigen Stellen hingewiesen werden, da die Ernährung der Flechten gegenwärtig nur wenig eingehend studiert ist.

— **Cladonia rangiferina,** Renntierflechte.

Name Cladonia Diminutiv von clados = Sproß, Zweig. Dem Renntier (cervus rangifer) nützlich.

Diese Spezies ist im Vorstehenden ausführlich besprochen.

1. **Cladonia macilenta.** Säulchenflechte.

macilentus = mager.

Die Podetien*) haben stiftförmige Gestalt, sind bisweilen etwas verzweigt und tragen hochrote Apothecien; die Farbe hat ihren Sitz in der Membran der Paraphysen. Die Flechte ist auf Holzstümpfen und Erde weit verbreitet. An der Zeichnung ist auch der thallus horizontalis deutlich kenntlich.

2. **Cladonia pyxidata.** Becherflechte.

pyxidatus = mit Becher versehen.

Die Podetien sind becherförmig. Die Art wächst vorwiegend auf Sand- und Waldboden. Vgl. auch Kerner (1) Bd. I, Taf. bei S. 234.

*) podetium = Gestell, d. s. die aus dem thallus horizontalis hervorwachsenden, die Apothecien tragenden Teile.



Typen charakteristischer Flechten.
Erläuterungen siehe S. 132—136.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



— **Cetraria islandica**. Sogen. „isländisches Moos“.

Name von cetra = kleiner, lederner Schild.

Der aufrechte, glänzende Thallus ist großlappig, flach, geweihartig und bis 10 cm hoch. Er enthält Dextrane und Galaktane.

Die Flechte wächst auf dem Boden zwischen Moosen und Heidekraut und überzieht oft weite Strecken. Sie ist besonders in Gebirgen und in arktischen Gegenden verbreitet.

3. **Evernia prunastri**. Bandflechte.

Name von euernes = schön sprossend. prunastrum = Pflaumenbaum.

Der mit Haftscheibe befestigte Thallus ist strauchig und meist hängend; seine einzelnen Lappen sind flach. Die Farbe ist oberseits weißgrün, unterseits weiß. Apothecien werden nur sehr selten gebildet.

Die Flechte ist an der Rinde von Laub- und Nadelbäumen überall gemein, von der Ebene bis ins Gebirge. Sie enthält Evernsäure ($C_{17}H_{16}O_7$) u. a. m.

Parmelia furfuracea ist ihr in manchen Jugendstadien ähnlich, doch auf der Unterseite schwarz.

Die Flechte kann, ohne ihre Lebensfähigkeit zu verlieren, vollkommen austrocknen, so stark, daß sie sich zwischen den Fingern zu Pulver zerreiben läßt.

4. **Usnea barbata.** Bartflechte.

usnea vielleicht von uson = Strick abgeleitet.

Der Thallus bildet, besonders an den Zweigen alter Tannen, wehende, phantastische Flechtengehänge, findet sich aber beispielsweise auch an Birken und altem Holzwerk.

Die von der Bartflechte befallenen Zweige sterben oft ab; es handelt sich dann aber um Zweige, welche durch Lichtmangel oder sonstige ungünstige Einflüsse bereits geschwächt waren.

Die Bartflechte enthält die auch bei vielen anderen Flechten verbreitete, chemisch wohl charakterisierte Usninsäure ($C_{18}H_{16}O_7$); vgl. E. Abderhalden (1) und Fr. Czapek (1).

— **Roccella tinctoria.** Lackmusflechte.

roccella aus dem französischen Wort roche = Felsen von Linné gebildet.

Der strauchige Thallus enthält die Alge *Trentepohlia;* er liefert den Lackmusfarbstoff ($C_7H_7NO_4$).

Die Flechte findet sich auf Felsen an den Küsten Afrikas (z. B. der Kanaren) und an anderen Orten.

5. **Xanthoria pariétina.** Gelbe Wandflechte.

Name von xanthos = gelb; paries = Wand.

Der durch Physciol*) ($C_{16}H_{12}O_5$, früher Chrysophansäure genannt) gelbe Thallus ist blattartig ausgebreitet und liegt dem Substrat

*) Dieser gelbe Farbstoff (Parmélgelb), welcher in Form von Körnchen auf den Hyphen abgelagert ist, läßt sich durch Einlegen der Flechten in Alkohol ausziehen.

an; bisweilen nimmt er etwas krustige Beschaffenheit (früher *Lepra* genannt) an. Die Apothecien sind meist reichlich entwickelt. Die Anlage der Schlauchfrüchte erfolgt, wie wohl bei allen Flechten, zur kalten Jahreszeit.

Die gelbe Wandflechte ist überall gemein an Rinden, Zäunen, Mauern usw.

Die Apothecien von *Xanthoria* eignen sich gut zur Demonstration der Asci. Man bettet sie zum Schneiden zweckmäßig in Paraffin ein, das man von einer brennenden Kerze auf sie tropfen läßt. Im Bedarfsfalle kann man das Paraffin (z. B. durch eine brennendes Nachtlicht) längere Zeit flüssig erhalten.

6. **Parmelia physodes.** Blasige Schüsselflechte.

Name von parme = runder Schild, wegen der Gestalt der Apothecien.
physodes gebildet aus physa = Blase und eidos = Ansehen, nach dem Hohlraum zwischen Rindenschicht und Mark.

Der Thallus bildet die allgemein bekannten, grauen, rundlichen und gelappten Gebilde auf Kiefern, Tannen, Brettern usw. Er bleibt infolge meist reichlicher Bildung von Soredien in der Regel steril, wenigstens im Flachlande.

Die Flechte enthält Physodin ($C_{20}H_{12}O_{15}$). Sie ist wegen ihrer Fähigkeit, vollkommen auszutrocknen, sehr lebenszäh und ist die häufigste aller in Nadelwäldern vorkommenden Flechten.

7. **Peltigera canina.** Schildflechte.

Name von pelte = kleiner Schild.

Peltigera ist eine typische, leicht kenntliche große Laubflechte, welche als lappenförmiges, im feuchten Zustand oberseits bräunliches bis grünliches Gebilde am Boden von Wäldern, z. B. Buchenwäldern, gedeiht, besonders an Wegrändern. Die Abbildung zeigt die Flechte zwischen Moos und Buchenknospenschuppen.

Die Askusfrüchte entstehen in Form brauner Scheiben am Rande des Thallus. Die Asci mit ihren langgestreckten, fadenförmigen Sporen (6—8 in einem Askus) sind an Querschnitten durch die Apothecien leicht zu demonstrieren.

Die Arten von *Peltigera* führen als Algenkomponente *Nostoc* oder *Cystococcus*.

8. **Gyrophora cylindrica.** Kreisblattflechte, Felsblatt.

Name von gyros = Kreis und pherein = tragen.

Die in trockenem Zustand schwarzgraue Flechte wächst, meist zu Gruppen vereinigt, an nacktem, sonnigem, fast immer kieselhaltigen Felsgestein. Sie ist auf diesem mit einem mehr oder weniger zentralen, etwa 4 qmm großen Nabel befestigt.

Die auf der Fläche stehenden Apothecien, welche an den abgebildeten Exemplaren fehlen, entwickeln sich besonders reichlich auf Gebirgshöhen.

Die gezeichneten Exemplare stammen von der Schneekoppe.

9. **Psora ostreata.** Krätzeflechte.

Name von psora = Krätze.

Der Thallus besteht aus kleinen, schinnenartigen Schuppen, welche dachziegelig gedrängt stehen (s. die vergrößerte Abb.) und eine gewisse Ähnlichkeit mit Austernschalen (ostrea = Auster) haben können. Die Farbe ist meist stumpf olivgrün. Die Apothecien werden ziemlich selten gebildet.

Psora ist besonders auf der Borke am Grunde alter Kiefern häufig. Sie enthält Lecanorsäure ($C_{16}H_{14}O_7$).

Die Flechte eignet sich gut zu Dauerpräparaten in Luft auf schwarzen Objektträgern (s. später). Als Beleuchtung dient zweckmäßig eine gut brennende elektrische Taschenlampe.

Psora darf nicht mit Soredienanflügen verwechselt werden.

— **Collema pulposum.** Gallertflechte.

Name von kolla = Leim, Gallert, pulposus = wie weiches Fleisch (pulpa).

Der rosettenförmige, ziemlich dicke, in feuchtem Zustand gallertartige Thallus ist meist von grünlich-schwarzer Farbe. Er enthält *Nostoc* als Alge. Die Flechte findet sich an Baumstümpfen, Moosen, Mauern usw.

Ephebe (im Gebirge) enthält *Stigonema*, *Lichina* (an Granitblöcken im Meer, z. B. Ostküste von Rügen) die Rivulariacee *Calothrix* als Alge.

10. **Lecanora subfusca.** Tellerflechte.

Name von lecane = Teller, Schüssel.

Eine der gemeinsten Flechten, die sich auf der ganzen Erde findet; an Bäumen, auf Holzwerk und an Gestein. Sehr variabel.

Der meist weißlich graue Thallus ist krustenförmig. Die braunen 0,5(—1) mm großen Apothecien sind kreisrund und deutlich berandet.

Lecanora esculenta, die Mannaflechte der Wüste, muß in der freien Natur im heißen Sand Erhitzung bis zu 70° C aushalten. (Abb. s. bei Kerner, Bd. II, S. 537).

Lecidea (Scheibenflechte) ist eine krustenförmige, in verschiedenen Species echte Steinflechte (zum Teil endolithisch) mit schwarzen Apothecien; sie wächst z. B. auf Granit, Porphyr und Basalt. Die Steinflechten können mit ihren Rhizinen sogar in Glas eindringen. Farbige Abb. von Steinflechten auf Felsen finden sich bei Kerner, Bd. II, Tafel bei S. 643.

11. **Rhizocarpon** (*Lecidea*) **geographicum.** Landkartenflechte.

Name von rhiza = Wurzel und carpos = Frucht, weil die Früchte auf dem unteren Thallusteil entspringen. geographicus wegen der Ähnlichkeit des gefelderten Thallus mit einer Landkarte.

Rhizocarpon wächst fast immer auf kieselhaltigem Gestein, besonders an Felsen, seltener auf Kalk (hier verblassend) oder auf Dach-

ziegeln, im Gebirge und in der Ebene. Sie steigt am Monte Rosa bis ca. 4638 m Höhe.

Die Flechte kann ganze Felsen wie mit einer weithin sichtbaren, durch Usninsäure gelben bis gelbgrünen, nicht abwischbaren Kruste überziehen. Der Thallus ist durch das Hervortreten des schwarzen Hypothallus fein gefeldert. Die Apothecien sind zwischen den Feldern als schwarze Fleckchen eingesprengt.

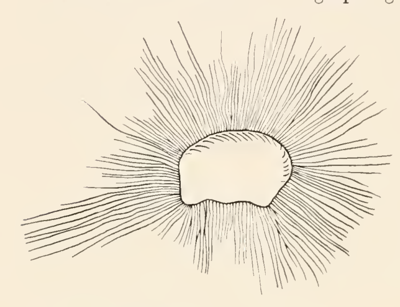


Abb. 74. *Rhizocarpon geographicum*, erster Thallusanflug. Die Ausstrahlungen sind die blauschwarzen Pilzfäden des „Prothallus“, welche im Weiterwachsen auf dem Gestein Algen zur Flechtensynthese finden. Im Zentrum hat sich die erste grüngelbe „Thallusareole“ bereits gebildet. Viele solcher „Areolen“ bilden schließlich, wenn sie zusammengestoßen sind, den Gesamt-Thallus. Vergr. 500fach. [Nach P. Beckmann in C. Schroeter (1).]

12. **Graphis scripta.** Schriftflechte.

Name von graphis = Griffel zum Schreiben. Also die mit Griffel Geschriebene.

Die Schriftflechte gehört zu den wenigen Flechten, welche nicht *Cystococcus* oder *Protococcus* als Flechtenkomponente besitzen; sie enthält *Trentepohlia**). Sie wächst wie diese auf der Rinde von Bäumen, namentlich der glatten der Buchen und Eschen. Der Thallus entwickelt sich erst unter der Rinde und bricht dann später zum Teil hervor, meist als sehr zarter, weißgrauer Schorf. Die schwarzen Apothecien sehen wie Schriftzeichen aus.

Die Flechte ist besonders an den Zweigen, weniger an den Stämmen der Bäume häufig.

— **Pertusaria commune** und andere Arten.

Name von pertusus = durchlöchert, wohl wegen der wie Poren erscheinenden Apothecien.

Die soredienlosen *Pertusarien* und soredienbildenden *Variolarien* (variola = Blattern) finden sich besonders an den Stämmen der Buchen in Form weißer, Anstrich ähnlicher, oft auffallender Überzüge.

Die gelben oder gelbgrünen lockeren Krusten von *Coniocybe chlorina* finden sich häufig an Sandsteinfelsen.

Literatur.

Engler-Prantl, I. Teil, Abt. 1* 1907, bearbeitet von M. Fünfstück und A. Zahlbruckner.

*) Die Gattung *Trentepohlia* ist farbig abgebildet (an ihrem Standort im Freien) bei Kerner, Bd. II, Tafel bei S. 605 (in einer anderen Species als bei *Graphis*).

G. Lindau (5).
Joh. Leunis (1).

Weitere Zitate finden sich in den genannten Werken.

V. Gruppe. Algen, Plankton und Ökologie der Gewässer.

Algen.

Die Ernährung der Algen ist in neuester Zeit erfolgreich und eingehend studiert worden, vorwiegend nach der physiologischen Seite in Reinkulturen. Dabei ist zu beachten, daß das physiologische Verhalten im Laboratorium sich mit dem hier mehr betonten ökologischen in der freien Natur nicht in allen Punkten zu decken braucht. Ein gutes Beispiel zur Erläuterung von in dieser Hinsicht bestehenden Differenzen ist seit einiger Zeit für die Eisenbakterien bekannt. Diese können in Reinkultur des Eisens (in irgendwie nennenswerter Menge) entbehren, kommen aber in der freien Natur ausgesprochen an eisenhaltigen Standorten vor, nehmen es hier auch auf. Viele Algen ernähren sich an ihren natürlichen Standorten mit Vorliebe mixotroph, während sie in künstlichen Reinkulturen autotroph leben können. Dieser Unterschied dürfte sich leicht dadurch erklären, daß sie in der freien Natur oft mit Bakterien und anderen Organismen in Konkurrenz treten und diesen die organischen Stoffe wegzunehmen genötigt sind, wenn sie nicht von den Bakterien, welchen meist wirksame Kampfenzyme zur Verfügung stehen, unterdrückt werden wollen.

Die meisten Algen leben im Wasser; sie finden aber, wie schon ihr Vorkommen in Flechten beweist, auch außerhalb dieses Mediums Existenzbedingungen, z. B. manche Vertreter unter den Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Bacillariaceae, ferner *Pleurococcus* (als Anflug an Bäumen), *Hormidium*, *Trentepohlia*, *Botrydium* und manche Arten von *Vaucheria*.

System der Algen.

Schizophyceae (Cyanophyceae, Spaltalgen). Anhang: Schizomycetes
Flagellatae*) mit Chlorophyll.
Peridiniales (Peridineen).
Zygophyceae { **Bacillariales** (Diatomeen), **Conjugatae**.
Chlorophyceae { Protococcales, Confervales, Siphoneae.
Phaeophyceae (Braunalgen, Tange).
Rhodophyceae (Rotalgen, Florideen).
Charales (Armleuchtergewächse) als Anhang zu den Algen.

*) Die chlorophyllführenden Flagellaten sind aus physiologischen Gründen zu den Algen gerechnet.

Pflanzen des Wassers.

(Entsprechende Abb. von Tieren s. Taf. VIII.)

Schizophyceae:
1. Chroococcus limneticus.
2. Polycystis aeruginosa.
3. Merismopedia glauca.
4. Oscillatoria agardhii.
5. — limosa.
6. Spirulina (Arthrospira) jenneri.
7. Phormidium uncinatum.
8. Nostoc verrucosum.
9. Anabaena spiroides.
10. Aphanizomenon flos aquae.
11. Tolypothrix lanata.
12. Rivularia (Gloeotrichia) echinulata.

Schizomycetes (als Anhang):
13. Micrococcus phosphoreus.
14. Lampropedia hyalina.
15. Sarcina paludosa.
16. Azotobacter chroococcum.
17. Bacterium vulgare.
18. Bacillus subtilis.
19. Pseudomonas fluorescens.
20. Spirillum undula.
21. Sphaerotilus natans.
22. Cladothrix dichotoma.
23. Zoogloea ramigera.
24. — uva.
25. Beggiatoa alba.
26. Thiothrix nivea.
27. Lamprocystis roseo-persicina.
28. Chromatium okenii.

Chrysomonadales:
29. Mallomonas acaroides.
30. Synura uvella.
31. Uroglena volvox.
32. Dinobryon sertularia.

Silicoflagellata:
33. Distephanus speculum.

Coccosphaerales:
34. Pontosphaera huxleyi

Cryptomonadales:
35. Cryptomonas erosa.

Euglenales:
36. Euglena viridis.
37. Phacus longicauda.
38. Trachelomonas hispida.
39. — volvocina.

Peridiniales:
40. Ceratium hirundinella.
41. Ceratium tripos.
42. Peridinium divergens.
43. — tabulatum.

Bacillariales (Diatomaceae):
44. Melosira granulata.
45. — varians.
46. Stephanodiscus hantzschianus.
47. Triceratium favus.
48. Fragilaria crotonensis.
49. — capucina.
50. Synedra ulna.
51. — acus.
52. Asterionella formosa.
53. Diatoma elongatum.
54. Tabellaria flocculosa.
55. — fenestrata.
56. Rhoicosphenia curvata.
57. Cocconeis pediculus.
58. Navicula (Pinnularia) nobilis.
59. — — viridis.
60. Navicula cryptocephala.
61. — atomus.
62. — cuspidata.
63. Stauroneis phoenicenteron.
64. Amphipleura pellucida.
65. Pleurosigma acuminatum.
66. Gomphonema acuminatum.
67. Cymbella lanceolata.
68. Amphora ovalis.
69. Epithemia turgida.
70. Nitzschia sigmoidea.
71. — acicularis.
72. Hantzschia (Nitzschia) amphioxys.
73. Cymatopleura solea.
74. Surirella biseriata.

Conjugatae:
75. Closterium moniliferum.
76. Cosmarium botrytis.
77. Staurastrum gracile.
78. Mougeotia genuflexa.
79. Spirogyra porticalis.
80. Zygnema stellinum.

Protococcales:
81. Chlamydomonas species.
82. Polytoma uvella.
83. Pandorina morum.
84. Eudorina elegans.
85. Volvox aureus.
86. Rhaphidium polymorphum.
87. Scenedesmus acutus.
88. — quadricauda.
89. Pediastrum boryanum.
90. Actinastrum hantzschii.
91. Richteriella botryoides.

Confervales:
92. Ulothrix zonata.
93. Conferva bombycina.
94. Stigeoclonium tenue.
95. Oedogonium rivulare.
96. Cladophora fracta.
97. Vaucheria species.

Florideae:
98. Lemanea fluviatilis.
99. Chantransia chalybaea.

Eumycetes:
100. Fusarium aquaeductuum.
101. Saprolegnia monoica.
102. Leptomitus lacteus.
103. Mucor (zygorhynchus).
104. Nitella flexilis.

Bryophyta:
105. Fontinalis antipyretica.

Pteridophyta:
106. Isoetes lacustris.

Monocotyledoneae:
107. Hydrocharis morsus ranae.
108. Lemna arrhiza.

Dicotyledoneae:
109. Myriophyllum spicatum.
110. Ceratophyllum demersum.



Pflanzen (vorwiegend Algen) des Wassers.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



An die Besprechung der Algen schließt sich die einiger höher organisierten Pflanzen, um den Blick auf die Gesamtvegetation im Wasser zu lenken.

Über das System der Wasserorganismen nach ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten vergleiche man Kolkwitz und Marsson (1), sowie die farbigen Tafeln in Rubners Handbuch. Über die Ökologie der marinen Saprobien vergleiche man J. Wilhelmi (1).

Pflanzen (vorwiegend Algen) des Wassers, s. Taf. VII.

Die Abbildungen sind durchgehends Neuzeichnungen, ebenso wie die der anhangsweise besprochenen Tiere. Es handelt sich teils um Originale, teils um Zeichnungen nach den Werken von Blochmann, Ehrenberg, Lampert, Lemmermann u. a. m.

Ich legte Wert darauf, das zu behandelnde Material soweit zu sichten, daß es auf je einer Tafel vereinigt werden konnte.

Schizophyceae, Spaltalgen.

Der Name leitet sich von schizein = spalten ab, da die Vermehrung der Zellen durch Zweiteilung erfolgt. Sie leben im Wasser und an feuchten Orten in der Luft. Fast alle planktonischen Vertreter dieser Gruppe sind unbeweglich.

1. **Chroococcus limneticus.**

Name von chroa = Farbe.

Zellen blaugrün, zu mehreren in einer Gallerthülle vereinigt. Durchmesser der Zellen etwa 6—12 μ. Planktonisch. — o —*)

2. **Polycystis aeruginosa.**

Name von aerugo = Grünspan.

Zellen klein, sich nach drei Richtungen des Raumes teilend, mit Schwebevakuolen, zu vielgestaltigen Kolonien vereinigt, welche wie Staubklümpchen, Kringel und dergleichen erscheinen, häufig auch gitterartig durchbrochen sind (daher früher *Clathrocystis* genannt). Bildet bei üppiger Entwicklung zur warmen Jahreszeit besonders in der Uferregion der Gewässer dicke grünspanfarbige Überzüge auf der Wasseroberfläche. (In Planktonkammer beobachten!) Kolonien bisweilen mit Vorticelliden und kleinen Kieselalgen besetzt. Sehr häufig; im Winter meist nur ganz vereinzelt im Plankton. — meist o —

3. **Merismopedia glauca.** Tafel-Blaualge.

Name von merisma = Teil und pedos = Platte, Tafel.

Parallelform zu *Lampropedia*. Zellen blaugrün, 3—6 μ dick. Zellteilung nach zwei Richtungen des Raumes. Wohl meist nur erratisch planktonisch. — o —

*) Wegen den Bezeichnungen *p*, *α m*, *β m* und *o* vergleiche man das Kapitel Ökologie.

4. **Oscillatoria agardhii.**

Benannt nach dem scheinbaren Pendeln der Spitze beim Kriechen der Grundformen. Planktonisch in Seen, Flüssen usw., das Wasser besonders zur warmen Jahreszeit oft trübgrün verfärbend. Vgl. *Aphanizomenon* u. a. m. Mit Schwebevakuolen.

Pro 1 ccm oft über tausend Fäden. Beim Absterben geben angehäufte Massen, ebenso wie bei anderen Spaltalgen, leicht einen wasserlöslichen blauen Farbstoff (Phycocyan) ab, unter Umständen bei manchen Spaltalgen so massenhaft, daß das Wasser wie mit Indigo gefärbt erscheint. Man nennt die Schizophyceae daher auch Cyanophyceae. Die physiologische Bedeutung des Farbstoffes ist unbekannt. — o bis β m —

5. **Oscillatoria limosa.**

Fäden gegen 15 μ dick, mit niedrigen Zellen wie Talerrollen; von trübgrüner Farbe, unter Drehung kriechend.

Versuch: Man bringe Fäden auf den Objektträger in einen mit chinesischer Tusche (festes Stück, dessen Reibfläche nach Benutzung wieder getrocknet wird!) verriebenen Wassertropfen. Die Tuschepartikel werden bald festkleben und, auch wenn der beobachtete Faden still liegt, entsprechend der Bewegung des extramembranösen Plasmas, in Spiralwindungen um den Faden herumwandern.

Häufig in Gemeinschaft mit kriechenden Kieselalgen sogenannte Oscillatorien-Diatomeen-Filze bildend, welche als Fladen, durch Assimilations- oder Gärungsgase getragen, an die Oberfläche steigen können. Über Kulturversuche mit *Osc. limosa* vgl. B. Schindler (1); s. auch E. G. Pringsheim (1). — β m —

6. **Spirulina (Arthrospira) jenneri.**

Blaugrüne, unter Drehen kriechende Spaltalge, welche in die polysaprobe Zone vorrückt. Meist in Gemeinschaft mit *Beggiatoa*. — p bis α m —

7. **Phormidium uncinatum.**

Name von phormos = geflochtene Matte.

Bildet oft dunkle häutige Lager, Zellen mit Scheiden. — α m —

8. **Nostoc verrucosum.**

Von dem deutschen Wort Nostok für solche gallertige Klumpen. Herkunft des Namens völlig unbekannt. Gallertiges Lager bis 1 dm groß. Fäden perlschnurartig.

Nostoc punctiforme auch endophytisch in Cycadeen-Wurzeln u. a. m. *Nostoc* kann Flechtengonidien bilden.

Gallertkolonien grün, bläulich, rötlich usw.: *Nostoc.*
,, meist grün: *Ophrydium.*
,, braun bis oliv: *Rivularia natans.*
,, farblos: meist Schneckenlaich.

— **Nodularia spumigena.**

Name von nodulus = Knoten.

Fäden mit kurzen, scheibenförmigen Zellen, Grenzzellen und zu Zeiten auch Sporen, 8—12 μ breit. Im Plankton der Ostsee, auch in süßem Wasser.

9. **Anabaena spiroides.** Das Löckchen.

Name von anabainein = sich erheben.

Typisch planktonisch. Korkzieherartig gedreht. Mit deutlichen Grenzzellen und Schwebevakuolen. Die Grenzzellen (Heterocysten) sehen zwischen den übrigen Fadenzellen wie helle Öltröpfchen aus. Im mikroskopischen Präparat schweben die Fäden meist dicht unter dem Deckgläschen. *A. flos aquae*, *circinalis*, *solitaria* u. a. sind die bekanntesten Arten. Kann Wasserblüte bilden, auch in Gemeinschaft mit *Polycystis* und *Aphanizomenon.* — o —

10. **Aphanizomenon flos aquae.** Sägespan-Alge.

Name von aphanizein = unsichtbar machen; weil die Wasserblüte schnell erscheint und dann schließlich wieder für das Auge ganz verschwindet.

Fäden meist mit Grenzzellen und oft mit Sporen, bei typischer Entwicklung zu sägespanähnlichen Bündeln paketartig vereinigt. Mit Schwebevakuolen. Unter normalen Verhältnissen unbeweglich. Farbe graugrün, abgestorben blaugrün. Sehr wichtiger Planktonorganismus. Bildet bisweilen eine Sahne von Wasserblüte. In Haffen neben anderen als Haffblüte bezeichnet. Vgl. auch die Farbentafel. Die Farbe der konservierten Probe ist unbegrenzt haltbar.

Osc. agardhii ist vielleicht identisch mit *Aphanizomenon.*

— o bis β m —

11. **Tolypothrix lanata.**

Name von tolype = Knäuel.

Fäden (ca. 10 μ dick) mit Basis und Spitze, von einer Scheide umgeben. Pseudodichotomie unter einer Grenzzelle erfolgend. Ähnliche Pseudodichotomie besitzt *Cladothrix.* An untergetauchten Pflanzen festsitzend. — o —

12. **Rivularia (Gloeotrichia) echinulata.**

Name von rivulus = Bächlein, weil einige Arten der Gattung in Bächen leben.

Kolonien etwa 1 mm groß, durch Teilung und Verzweigung der Fäden entstehend, meist graugrün, von der Gestalt eines gekugelten Igels. (Planktonkammer!) Fäden peitschenförmig mit Endknopf (Grenzzelle) und Spore wie Handgriff (manubrium).

Besonders in Seen mit grüner Eigenfarbe des Wassers. Tritt meist erst vom August an auf und verschwindet nach der Sporenbildung im Herbst. Die Sporen sinken zu Boden. Deshalb typisch periodisch planktonisch. Betreffs der Biologie vgl. auch O. Plümecke (1).

— o —

R. natans bildet weiche, schwimmende Gallertmassen (braun bis oliv) von Walnußgröße und darüber. Vgl. *Nostoc*.

R. haematites speichert Kalk.

Schizomycetes (als Anhang zu den Spaltalgen).

— **Streptococcus mesenterioides.**

Name von streptos = Halskette.

Vgl. Kap. Schizomycetes.

13. **Micrococcus phosphoreus.** Leuchtbakterie.

Vgl. Kap. Schizomycetes. Weitere Arten sind von H. Molisch (2) beschrieben.

14. **Lampropedia hyalina.** Tafelkokken.

Name von lampros = glänzend und pedos = Platte.

Vgl. Kap. Schizomycetes. Im Plankton, wohl auch auf Schlamm. — β m —

15. **Sárcina paludosa.** Paketkokken.

Vgl. Kap. Schizomycetes. Die Abbildung zeigt eine stark entwickelte Kolonie. Größe der einzelnen Zellen einige Mikromillimeter. — meist p —

16. **Azotobacter chroococcum.**

Name von l'azote = Stickstoff.

Besitzt die Fähigkeit, reichlich freien Stickstoff zu assimilieren. Heftet sich auf planktonischen und benthonischen Schlamm- und Uferorganismen fest. Auch im Boden. Größe der Zellen meist gegen 4 μ.

17. **Bacterium vulgare.**

Eine der häufigsten Fäulnisbakterien. Vgl. *Bacillus subtilis* und Kap. Schizomycetes.

18. **Bacillus subtīlis.** Heubazillus.

Bewegliche Fäden, 0,8—1,2 μ im Durchmesser, für Bakterien also ziemlich dick. Vgl. Kap. Bacteria. Die Fäden von *Bacterium* (*Proteus*) *vulgare* sind zarter und bilden keine Sporen.

19. **Pseudomonas fluorescens.** Vgl. Kap. Schizomycetes.

20. **Spirillum undula.**

Häufig in verdorbenem Wasser. Vgl. Kap. Schizomycetes. — p bis α m —

— **Eisenbakterien** s. unter Kap. Schizomycetes.

21. **Sphaerótilus natans.**

Name von sphaera = Kugel und tile = Flocke.

Typischer Abwasserorganismus. Bildet fellartige Besätze. Fäden 2 μ breit, also viel dünner als *Leptomitus*. Vgl. auch Kap. Schizomycetes. — p bis α m —

Sph. roseus ist von rosenroter Farbe, nicht, wie bisweilen *Fusarium*, ziegelrot.

22. **Cladothrix dichotoma.**

Farblos. Mit Pseudodichotomien. Entwicklungsform von *Sphaerotilus* bei Nahrungsabnahme. — meist β m —

23. **Zoogloea ramigera.**

Bildet weißliche, hirschgeweihartige Kolonien von 1—1,5 mm Länge. — p —

24. **Zoogloea uva.** Traubenförmige Zoogloea.

Tritt an untergetauchten Wurzeln, Halmen usw. in Form von etwa erbsen- bis kirschengroßen, traubig gehäuften, meist ungefärbten Gebilden auf. Stäbchen in der Schleimmasse meist langgestreckt und etwas über 1 μ dick. — meist p —

25. **Beggiatoa alba.**

Fäden nach Art der *Oscillatoria* auf (schwefelwasserstoffhaltigem) Schlamm usw. kriechend. Vgl. auch Kap. Schizomycetes.

— p bis m bis o —

26. **Thiothrix nivea.**

Bildet weiße Besätze in schwefelwasserstoffhaltigen Gewässern (auch in Wasserleitungen). Fäden im Gegensatz zu *Beggiatoa* unbeweglich. Die Abb. zeigt die Fäden auf *Cladophora* festsitzend.

27. **Lamprocystis roseo-persicina.**

Kolonien pfirsichblütenrot (in Planktonkammer beobachten!), oft gitterartig durchbrochen. Parallelform unter den Schwefelbakterien zu *Polycystis aeruginosa*. In schwefelwasserstoffhaltigen Gewässern.

28. **Chromatium okenii.**

Kirschrote Schwefelbakterie, meist ca. 8 μ lang. Oxydiert Schwefelwasserstoff. Vgl. Kap. Bacteria.

— **Rhodospirillum.** Purpurspirillum.

Zellen rot, schwefelfrei. In Sumpfwasser. Über Kultur der Purpurbakterien vgl. das Kap. Schizomycetes.

Chrysomonadales. Goldgelbe Monaden.

Zu dieser Gruppe, welche bewegliche Formen umfaßt, gehören viele Vertreter des Planktons; größere seit langem bekannte, und kleinere (Nannoplankton), erst in neuerer Zeit studierte. Viele besitzen charakteristisch gestaltete Gehäuse. Die Ernährung erfolgt pflanzlich oder tierisch. Als Assimilate treten Fett oder fettähnliche Bestandteile auf. Die Chrysomonadales sind häufig und weit verbreitet. Ihre sehr vergängliche Natur erfordert meist ein Studium am lebenden Objekt.

29. **Mallomonas acaroides.** Pelzmonade.

Name von mallos = Zotte, Haar und acarus = Milbe.

Planktonisch; meist ca. 25 μ lang, gelb. Pro 1 ccm bisweilen Dutzende. Stacheln mit feinen Blättchen festsitzend. — o —

— **Chromulina rosanoffii.** (Nicht abgebildet.)

Vermag auf die Wasseroberfläche emporzukriechen und dort durch Lichtreflex Goldglanz zu erzeugen. Vorwiegend in Tümpeln und Wasserkübeln. — o —

30. **Synura uvella.**

Kolonien freischwimmend, rundlich (ca. 60 μ) oder länglich. Farbe gelb, Geruch nach frischen Gurken. Entwickelt sich mit Vorliebe in der kälteren Jahreszeit. — o (bis β m) —

31. **Uroglena volvox.**

Kolonien gelblich, echt planktonisch, bis 300 μ groß. (Mit Planktonkammer beobachten!) Geruch unangenehm fischig-tranig, sich bisweilen der umgebenden Luft mitteilend. Pro 1 ccm Wasser bis gegen 25 Kolonien. Meist in Seen; in den oberen Wasserschichten. — o —

32. **Dinobryon sertularia.** Trichterbäumchen[1]).

Die umherschwimmenden Trichterbüschel (meist buschiger als abgebildet) sind für das Plankton vieler Gewässer charakteristisch. Bei Massenentwicklung (Dutzende von Kolonien pro 1 ccm Wasser) erscheinen die Netz- oder Siebfänge gallengelb mit Stich ins Grüne.

Häufige Varietäten sind *D. stipitatum* und *D. divergens.* Die Trichter bestehen vorwiegend aus Zellulose. — o —

Silicoflagellata.

33. **Distephanus speculum.**

Gehäuse aus Kieselstäben gebildet. Nannoplankton; marin.

Coccosphaerales.

34. **Pontosphaera huxleyi.**

Zellen mit Kalkplatten (Coccolithen). Nannoplankton; marin.

Cryptomonadales.

35. **Cryptomonas erosa.**

Länge 15—32 μ. Farbe meist olivgrün. Bildet Stärke. Schwimmbewegung oft durch Springen unterbrochen. Äußerst typisch als β-mesosaprober Planktont. Wird von vielen Rädertieren u. a. m. gefressen. Pro 1 ccm Wasser sehr oft Dutzende und viel mehr Exemplare. Näheres bei A. Pascher (1). — β m —

Euglenales.

36. **Euglena viridis.** Mit Augenfleck (Euglena = schönes Auge).

Bildet bei massenhaftem Vorkommen (viele Tausend pro 1 ccm Wasser) saftgrüne Überzüge auf der Wasseroberfläche; kann auch grüne Verfärbung des Gesamtwassers bewirken. Besonders in verunreinigten Dorfteichen und Abwasserpfützen. — p bis α m —

*) Nach frdl. Vorschlag von Frau Dr. L. V. Meyer.

Sehr geeignet zu heliotaktischen Versuchen und zum Nachweis von Geißeln durch Jodfärbung. Körper metabolisch. Im Zimmer hält sich diese Spezies leider nicht lange; *Euglena deses* pflegt widerstandsfähiger zu sein.

Versuch: Bringt man ein gewöhnliches Objektträgerpräparat mit zahlreichen, lebhaft beweglichen Exemplaren von *Euglena viridis* unter das Mikroskop, so wird man leicht beobachten, daß alle normalen Individuen direkt nach der dem Lichte zugekehrten Seite des Deckgläschens hinschwimmen. Dreht man den Objektträger um 180°, so wird dessen vorher dunklere Seite stärker belichtet und die *Euglena* kehren sämtlich um; vgl. auch das Kap. Assimilation. Hat man reichliche Mengen von Material zur Verfügung, so kann man diesen Versuch auch makroskopisch anstellen, am besten unter Verwendung einer parallelwandigen Glasküvette, deren Schmal- oder Längsseite man dem Licht zukehrt.

Durch Zusatz starker Jodjodkaliumlösung zu mikroskopischen Präparaten kann man bei *Euglena viridis* leicht die Geißel nachweisen. Als Assimilationsprodukt tritt Paramylum auf, das sich mit Jodlösung nicht blau färbt.

Der sogenannte Augenfleck am vorderen Teil der Zellen ist für die Perzeption des Lichtes wahrscheinlich nicht maßgebend, da es gänzlich farblose Flagellaten gibt, welche ebenfalls heliotaktisch sind.

P. Rabbas hat von grünen Flagellaten Lumière-Momentaufnahmen gemacht, an denen der rote Augenfleck gut sichtbar ist.

Euglena sanguinea siehe auf der Farbentafel IX. Der Farbenton des Organismus spielt öfter ins Braunrote.

37. **Phacus longicauda.**

Name von phakos = Linse.

Zellen flach, grün, gegen 100 μ lang, mit einer Geißel. Paramylumkorn scheibenförmig. — o bis β m —

38. **Trachelomonas hispida.**

Name von trachelos = Hals.

Die Gehäuse haben bisweilen einen kragenartig aufgesetzten Hals. Sie sind meist braun, 20—30 μ lang und enthalten innen grüne Chromatophoren. — β m —

39. **Trachelomonas volvocina.**

Zellen meist kugelig, in der Regel gegen 10 μ im Durchmesser. Membran oft schwarzbraun. Nach E. Naumann (1) bisweilen gegen 40000 Zellen pro 1 ccm Wasser. — β m —

Peridiniales.

Zellen mit zwei Geißeln, von denen die eine äquatorial verläuft. Chromatophoren gelbbraun. Rein planktonisch.

— **Gymnodinium palustre.**

Ähnlich manchen Arten von *Peridinium*, aber ohne Panzer. Im Süßwasser und Meere finden sich ziemlich häufig kleine farblose Arten, welche noch wenig studiert sind. — o —

40. **Ceratium hirundinella.** Schwalbenschwanzalge.

Sehr charakteristisch gestaltet. Durch Längs- und Äquatorialgeißel beweglich. Mit getäfeltem, vowiegend aus Zellulose bestehendem Panzer. Besonders im Plankton der Seen. — o —

41. **Ceratium tripos.**

Marin, auch in der Ostsee. Einzeln oder in Verbänden. Erzeugt wie *Noctiluca miliaris* und manche Bakterien Meeresleuchten. Dieses entsteht schon, wenn etwa pro 6 ccm Wasser eine *Noctiluca* vorhanden ist.

42. **Peridinium divergens.**

Marin. Oft häufig, z. B. acht Zellen pro 1 ccm.

43. **Peridinium tabulatum.**

Gelbbraun, meist lebhaft und wackelnd beweglich, mit gefeldertem, vorwiegend aus Zellulose bestehendem Panzer. Körper etwas flach gedrückt. Typisch planktonisch. — o —

Bacillariales (Diatomaceae). Kieselalgen.

Membranen stark kieselsäure- und wahrscheinlich auch pektinhaltig. Zellen von Schachtelbau, aus zwei Schalenhälften bestehend. Chromatophoren meist gelb bis gelbbraun, assimilierend, erstes sichtbares Assimilationsprodukt meist Öl. Ausgeschiedene Sauerstoffbläschen sieht man über Diatomeenüberzügen oft in großer Menge wie silberne Kügelchen stehen.

Die Raphe bildet den Austrittsspalt für das bewegende Plasma. Fast alle planktonischen Kieselalgen sind raphefrei und unbeweglich. Das Präparieren der Kieselschalen robusterer Formen geschieht durch Glühen möglichst reinen Materials auf dem Platinblech oder durch Kochen in Schwefelsäure unter Zufügen von Salpeter zum Oxydieren der organischen Substanzen. Planktonformen enthalten meist weniger Kieselsäure, dagegen findet man die Schalen benthonischer Vertreter, von der Natur selbst präpariert, häufig im Schlamm. Als Einbettungsmittel dient am besten Styresin. Vgl. Strasburger-Koernicke (1), Abschn. XX. Luftblasen entfernt man unter der

Luftpumpe. Diatomeentypenplatten sind im Handel käuflich. Die Rohkultur geschieht am besten in flachen Schalen bei niedriger Wasserschicht und kühler Temperatur. Man kann dem Wasser einige Grasstücke oder andere Pflanzenreste beifügen.

Für Reinkulturen, z. B. von *Naviculeen*, benutzt man folgendes Nährmedium:

Wasser	1000 ccm
Gelatine*) oder Agar	100 g bzw. 15 g
K_2HPO_4	0,2 „
$MgSO_4$	0,2 „
$FeSO_4$	Spur
Alkaleszenz	nötig
Silikat	nicht nötig.

Als Stickstoffquelle gibt man 0,2 g KNO_3 oder Asparagin; vgl. auch O. Richter (1).

44. Melosira granulata.

Name von melos = Glied und seira = Schnur.

Zellwände mehr oder weniger deutlich punktiert. Schlußzellen mit Stachel. (*M. helvetica* u. a. m. ohne Stacheln, *M. binderiana* besonders zartwandig.) Pro 1 ccm Wasser bisweilen einige tausend Fäden. — o —

45. Melosira varians.

Uferorganismus oder erratisch planktonisch. Die dünnen Fäden verhältnismäßig häufig Auxosporen bildend. Leicht kenntlich an den Einkerbungen der Fadenaußenwände zwischen zwei Zellen. Kann braune Überzüge bilden. Kennzeichnet die Zone abklingender Selbstreinigung. — typisch β m —

46. Stephanodiscus hantzschianus.

In Norddeutschland die Form *pusillus* im Plankton besonders häufig. Bisweilen mit langen, sehr zarten Randstacheln, welche besonders bei Dunkelfeldbeleuchtung gut zu sehen sind. Manchmal zu Fäden vereinigt. Pro 1 ccm Wasser nicht selten gegen 6000 Zellen der kleinen, etwa 10 μ im Schalendurchmesser betragenden Form.

— typisch β m —

— Rhizosolenia semispina.

Häufiger Planktont der Meere; in der Ostsee, Nordsee und besonders den nordischen Meeren.

---

*) Die Gelatine muß von feinster Qualität, der Agar 2—3 Tage gewässert, zuletzt mit destilliertem Wasser ausgespült sein.

— **Chaetoceras whighamii.**

Zwischen den Stacheln Gallerthäute, welche die Schwebefähigkeit erhöhen können. *Chaetoceras* ist ein charakteristischer Meeresplanktont, besonders in nördlichen Meeren.

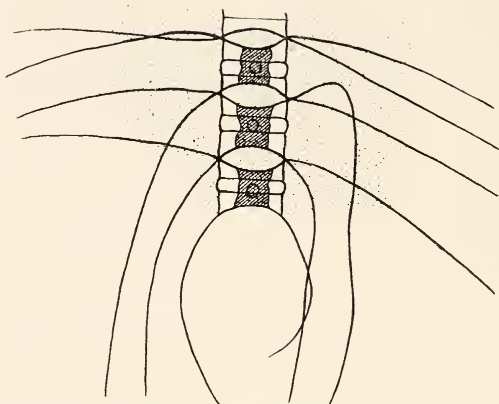


Abb. 75. *Chaetoceras whighamii* mit Hüllgallerte (sichtbar nach Einlegen in Tusche). Vergr. 700fach. (Nach Br. Schröder, 1911.)

47. **Triceratium favus.**

Marin. Nicht planktonisch. Wird auch fossil gefunden.

48. **Fragilaria crotonensis.** Kammalge.

Zellen zu einer Art Doppelkamm aneinander gereiht. Häufig im Plankton der Flüsse und Seen. Oft mit regelmäßig angeordneten Öltröpfchen. — o (bis β m) —

49. **Fragilaria capucina.**

Bildet flache, auch bei ziemlich starker Vergrößerung ebene (kaum gewölbte) Bänder, die überraschend lang werden können. Im Plankton häufig. — o —

50. **Synedra ulna.** Die Elle.

synedra = zusammensitzend.

Sehr häufig, in mesosaprobem Wasser bisweilen braune Überzüge bildend. Mit ihren Varietäten. — o bis m —

51. **Synedra acus.**

Unbeweglich. Häufig im Plankton; pro 1 ccm Wasser bisweilen mehrere tausend. Passiert leicht die Maschen des Planktonnetzes und -siebes. Lang nadelförmig gestreckte Formen werden als *S. delicatissima* bezeichnet. — o bis β m —

52. **Asterionella formosa.**

Diese „Sternalge“ lebt perennierend planktonisch. Die Kolonien sind 4—17- (u. mehr-)strahlig. Im letztgenannten Falle sind sie in

flacher Schraubenlinie angeordnet, welche drei Umgänge haben kann. Normale dreistrahlige Kolonien scheinen nicht vorzukommen; beobachtet man sie, so handelt es sich um zerbrochene mehrstrahlige oder um die der *Asterionella* bisweilen ähnliche *Diatoma elongatum*. Strahlen in den Lücken (nach A. Voigt) oft durch Gallertfäden verbunden. In selteneren Fällen tritt *Asterionella* auch in Form von Zickzackketten oder kurzen Bändern auf. Wie Planktonkammerstudien ergeben haben, können pro 1 ccm Wasser mehrere Tausend Kolonien von *Asterionella* vorkommen, besonders bei Beginn der wärmeren Jahreszeit (Frühlingsmaximum). Sind die Sterne vierstrahlig, so erscheinen sie bei Beobachtung in der Planktonkammer mit Lupen wie feine +-Zeichen. Nicht selten mit *Diplosiga* u. a. besetzt. Bezüglich der Reinkultur von *Asterionella* vgl. man O. Richter (1).

Bringt man mit dem Planktonnetz oder -sieb gewonnene Anhäufungen von *Asterionella*, *Diatoma* oder *Melosira* in ein dem direkten Sonnenlicht ausgesetztes Gefäß (z. B. Planktonglas), so steigen infolge der Assimilation Sauerstoffblasen empor, meist in Abständen von einigen Sekunden. Das in den Zellen vorhandene Chlorophyll kann man dadurch sichtbar machen, daß man die gelbliche Kieselalgen-Planktonmasse erwärmt, wodurch sie deutlich grün wird.

Von der Sternalge kann man in einfacher Weise durch Antrocknenlassen auf dem Objektträger oder Deckgläschen befriedigende Dauerpräparate in Luft herstellen (vorher in destilliertes Wasser!).

— o bis β m —

53. **Diatoma elongatum** (= Diatoma vulgare var. elongatum).

Längswände fein punktiert. Planktonisch. In der Spree und Havel besonders häufig. Pro 1 ccm oft Dutzende und mehr. — o bis β m —

54. **Tabellaria flocculosa.**

Zellen ähnlich der *T. fenestrata*, aber gedrungener. Im Plankton.

— o —

55. **Tabellaria fenestrata.**

Zellen im Innern mit unvollkommenen Scheidewänden, gestreckt. Statt im Zickzack auch in sternförmigen Verbänden (var. *asterionelloides*). Planktonisch, besonders in Seen. — o —

56. **Rhoicosphenia curvata.**

Name von rhoicos = krumm und sphen = Keil.

Zellen, von der Gürtelseite aus betrachtet, gekrümmt.

— typisch β m bis α m —

57. **Cocconeis pediculus.** Schildlaus-Kieselalge.

Name von kokkus = Korn und naus = Schiff.

Häufig; festsitzend auf vielen Fadenalgen, besonders *Cladophora*.

— o bis β m —

58. **Navicula (Pinnularia) nobilis.**

Große Schlamm-Diatomee. Bis etwa 400 μ lang. Auch an Bruchstücken erkennbar. In der Seitenlage ist oft die Schachtelstruktur gut sichtbar. — meist o —

59. **Navicula (Pinnularia) viridis.**

Ziemlich große Schlamm-Diatomee. Bis 125 μ lang. Oft von grünlicher Farbe im Gegensatz zu den sonst meist braungelben Vertretern dieser Gruppe. — meist o —

60. **Navicula cryptocephala.**

Meist nur gegen 25 μ lang. Im Verein mit anderen kleinen *Navicula* und *Nitzschia* oft massenhaft auf Schlamm. Beweglich, wie alle Arten von *Navicula*. — β m —

61. **Navicula atomus.**

Kleinste (atomhafte) Naviculee. Länge 5—17 μ. — β m —

62. **Navicula cuspidata.**

Schön gestaltete Uferdiatomee; bis 140 μ lang. Enden der Schalen etwas vorgezogen. — β m —

63. **Stauroneis phoenicenteron.**

Charakteristisch durch das weiße Kreuz auf der Schale. Im Schlamm. — β m —

64. **Amphipleura pellucida.**

Leicht kenntlich an den Verdickungen auf den Flächen der Enden. Benthonisch. — o bis β m —

65. **Pleurosigma acuminatum.**

Meist Ufer-Diatomee, aber auch planktonisch. — meist o —

Pl. angulatum dient als Testobjekt bei der Prüfung der Mikroskope (s. dort).

66. **Gomphonema acuminatum.**

Name von gomphos = Nagel, Keil.

Festsitzende Ufer-Diatomee von charakteristischer Form. — o —

67. **Cymbella lanceolata.**

Name von cymbe = Kahn.

An Gallertstielen festsitzende Ufer-Diatomee. — o —

68. **Amphora ovalis.**

amphora bedeutet Gefäß.

Ufer-Diatomee von charakteristischem Aussehen. — o —

69. **Epithemia turgida.**

Nach epithema, das Aufgesetzte.

Schalen- und Gürtelansicht. Mit der konkaven Seite auf Algen und anderen Wasserpflanzen festsitzend. Querrippen in der Mitte konvergierend. Länge etwa 25—100 μ. — o —

— **Bacillaria paradoxa**. (Nicht abgebildet.)

Stabförmige Zellen zu bandförmigen Ketten verbunden. Beim Kriechen werden die Zellen wie die Glieder einer Feuerwehrleiter gegeneinander verschoben. In Brack- und Süßwasser. Hier besonders zur kälteren Jahreszeit. Die Zahl der Permutationen durch Lageänderung der Zellen gegeneinander ist als endlos zu bezeichnen. — o —

70. **Nitzschia sigmoidea**. Nach C. L. Nitzsch (Halle).

Große Schlamm-Diatomee, bis $^1/_2$ mm groß. — o —

71. **Nitzschia acicularis**. Bis 70 μ lang; beweglich. — β m —

Die etwas ähnliche *Synedra acus* ist unbeweglich.

72. **Hantzschia (Nitzschia) amphioxys**. Nach C. A. Hantzsch (Dresden).

Ziemlich leicht kenntlich an der einseitigen schwachen Konkavität und den meist ein wenig vorgezogenen Enden. Länge bis gegen 100 μ, aber meist erheblich kleiner. — typisch α m —

73. **Cymatopleura solea**. Pantoffel-Diatomee.

Name von kyma = Welle und pleura = Seite.

Schlamm-Diatomee, von schwankender Größe, wie die Abbildungen zeigen. 300 μ und mehr lang. — o —

74. **Surirella biseriata**.

Herkunft des Namens unbekannt.

Große Schlamm-Kieselalge, bis gegen 300 μ lang. — o —

Conjugatae.

75. **Closterium moniliferum**. Spindelalge.

Zellen bis $^1/_2$ mm lang, jedoch meist kürzer. Häufig in der Uferregion. Auch im Plankton, z. B. mancher Flüsse; an den Enden der Zellen wie bei vielen Desmidiaceen Vakuolen mit zitternden Gipskristallen (Tanzstübchen).

Weitere bekannte Arten sind: *Cl. acerosum*, *lunula*, *dianae* und *moniliferum*. — o —

76. **Cosmarium botrytis**.

Name von kosmos = Schmuck.

Zellhälften schwach trapezförmig. Membran etwas warzig. Farbe der Chromatophoren reingrün. In Teichen, Torfgewässern u. dgl. — β m —

77. **Staurastrum gracile**.

Name von stauros = Pfahl, Kreuz und astron = Stern.

Eine der wenigen echt planktonischen Desmidiaceae. — o —

78. **Mougeotia genuflexa**.

Nach dem Arzt und Botaniker Mougeot (1776—1858). Fäden gegen 30 μ dick. Bildet auf Teichen und in Gräben oft Fladen von meist

hell- und gelbgrüner Farbe und weichsträhniger Konsistenz. Jede Zelle mit plattenförmigem Chromatophor, welches sich bei starker Belichtung hochkant stellt (Versuch!). Im Plankton finden sich bisweilen sehr feinfädige Arten (z. B. *M. quadrangulata*). Kopulation meist in der Weise, daß sich zwei Fäden knieartig gegeneinander biegen (genu = Knie). — o —

79. Spirogyra porticalis.

Die „Schraubenalge“ ist als Objekt für physiologische Versuche, z. B. solche betreffend Assimilation, und für mikroskopische Zellstudien sehr bekannt. Die Zahl der Chlorophyllbänder beträgt je nach der Spezies 1—6. *Sp. porticalis* (= *Sp. quinina*) hat in jeder Zelle ein Chlorophyllband. Der Zelldurchmesser beträgt ca. 40 μ. Die Beobachtung gestaltet sich beim Vorhandensein nur eines Bandes am einfachsten. Der Kern kann unter einem solchen Band liegen und ist dann schwer zu sehen oder er ist an Plasmafäden, welche ihn mit den Stärkeherden [Pyrenoiden*)] verbinden, in der Mitte der Zelle aufgehängt und dann ohne Anwendung von Färbungsmitteln ausgezeichnet zu sehen. Solche Fäden liefern vorzügliche Objekte zur anschaulichen Demonstration von Zellen, ebenso wie die an früherer Stelle erwähnten Zellen von *Elodea* und wie die Epidermis der Zwiebel (*Allium cepa*). Man findet sie in der Regel in der Form schwimmender Watten in der Uferregion von Teichen, Wasserbecken botanischer Gärten, in Flußbuchten und in Gräben mit vorwiegend stehendem Wasser. In Rieselfelddrainwasserteichen kommt sie, besonders in der Spezies *crassa* (etwa 100 μ dick), in zentnerschweren Anhäufungen vor. Über Assimilationsversuche vgl. Teil I.

Die bekannte Kopulation zwischen zwei Fäden, wobei der eine der aufnehmende ist (s. d. Abbild.), ist in der freien Natur nicht überall häufig zu beobachten, sie kann aber im Laboratorium künstlich hervorgerufen werden, indem man kleine Watten in flache Schalen mit Wasser oder 2—4 %iger Rohrzuckerlösung bringt und, was wichtig ist, gut belichtet [vgl. Klebs (2)]. Manchmal findet Kopulation zwischen zwei benachbarten Zellen eines und desselben Fadens statt (früher *Rhynchonema* genannt).

Fäden mit reifen Zygosporen können in Schalen einfrieren und nach dem Auftauen im selben Waser auskeimen, wobei die Sporenhaut aufreißt.

---

*) Bei allen Arten von *Spirogyra* tritt als erstes sichtbares Produkt der Assimilation Stärke auf.

Die *Spirogyra*-Zelle ist in der Sammlung Brendelscher Modelle vorhanden. *Spirogyra setiformis* ist auf einer Wandtafel von L. Kny dargestellt (Taf. Nr. 103).

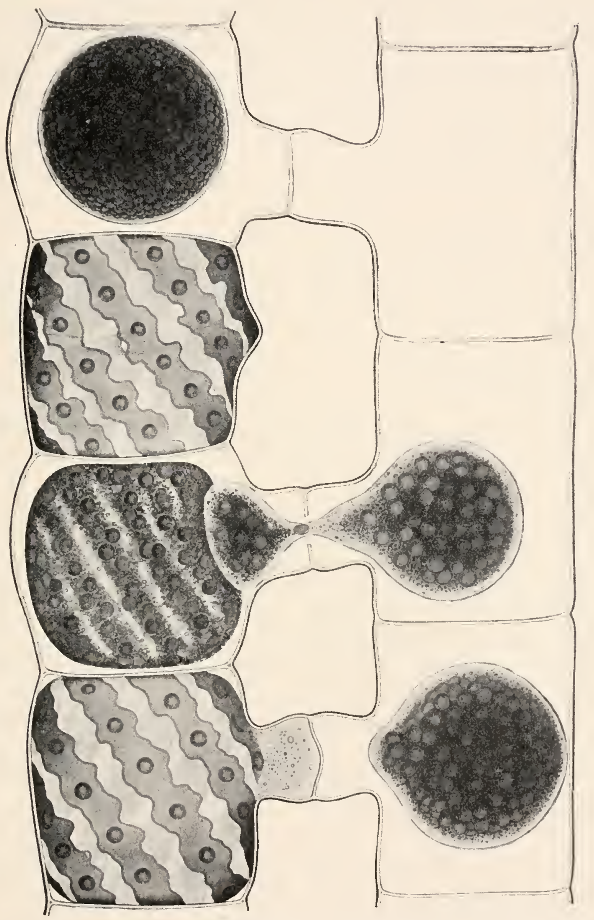


Abb. 76. *Spirogyra (nitida)*, zwei Fäden in Kopulation. Links oben Zygospore. Vergr. ca. 400fach. (Nach L. Kny).

80. **Zygnema stellinum**.

Name von zygon = Joch.

Unverzweigte Fäden, mit je zwei sternförmigen Chromatophoren in jeder Zelle. Breite der Fäden oft etwa 50 μ. Farbe blaßgrün.

— o bis β m —

Protococcales.

81. **Chlamydomonas species.**

Häufig in Massen in Regenpfützen, Tümpeln, Dorfteichen u. a. auftretend. Nach E. Naumann (1) bisweilen 240 000 Zellen pro 1 ccm Wasser. Liefert, wenn reichlich Material zur Verfügung steht, instruktive Bilder bei Dunkelfeldbeleuchtung. Alle Volvocaceae sind planktonisch und mit Geißeln ausgestattet. — meist m —

82. **Polytoma uvella.**

Zellen farblos, etwa 25 μ lang. Häufig in gestandenem städtischen Abwasser sich entwickelnd. — p —

83. **Pandorina morum.**

Kolonien meist 16zellig, mit ziemlich deutlich abgegrenzter Gallerte. Zellen in der Mitte der (meist etwas ovalen) Kolonien zusammenstoßend. Pro 1 ccm Wasser bisweilen zahlreiche Kolonien. — o bis β m —

84. **Eudorina elegans.**

Kolonien beweglich, meist mindestens 32zellig; Zellen peripher. Verbreiteter Planktonorganismus. Kolonien viel kleiner als diejenigen von *Volvox*. Pro 1 ccm Wasser bisweilen Dutzende von Kolonien. Vgl. auch die Farbentafel IX. — meist o —

85. **Volvox aureus.** Kugelalge.

Kolonien mit tausenden von peripher gelagerten, begeißelten Zellen. (In Planktonkammer beobachten!) Oospore glatt, wie die Abbild. zeigt. Im Innern der Kolonien bisweilen Enkelblasen. Zellen durch feine Plasmafäden, bei *V. globator* durch dicke Plasmastränge, verbunden. Die Abbild. zeigt die Kolonie bei geringer Vergrößerung. — o bis β m —

Unter den Phanerogamen ist der knopfgroße Same der Loganiacee *Strychnos nux vomica* ein gutes Objekt zum Beobachten von Plasmaverbindungen. Man fertige Flächenschnitte von der breiten Seite und lege sie in Jodtinktur. Vgl. E. Tangl (1), A. Zimmermann (1), A. Meyer (1) und L. Jost (1). Da Plasmaverbindungen nicht bei allen Pflanzen nachgewiesen sind, steht zurzeit nicht fest, ob alle lebenden Zellen einer Pflanze durch Plasmafäden miteinander verbunden sind.

· — **Botryococcus braunii.**

Kolonien unbeweglich, dem bloßen Auge als Körnchen erscheinend, bisweilen siegellackrot durch ölartige Substanz. Spez. Gew. oft kleiner als Wasser, daher an der Oberfläche schwimmend. Zellen selbst grün, radiär angeordnet, Vermehrung durch Schwärmer. Vgl. auch Abb. 83. — o —

— **Chlorella species.**

Kleine grüne Kugelzellen, welche manche gedüngte Wässer grün färben. Pro 1 ccm Wasser dann ca. 1 Million Zellen. Weil diese nur einige Mikromillimeter im Durchmesser haben, passiert solches Wasser das Planktonnetz ebenso grün, wie es hineingegossen wird. Chlorellen leben auch in *Spongilla*, *Hydra viridis*, *Ophrydium*, im Flechtenthallus, in Trinkwasserkaraffen, Lösungen in chemischen Laboratorien usw. Meist mixotroph. In Reinkultur gezogen.

— meist α m und β m —

86. **Rhaphidium polymorphum.**

Name von rhaphidion = kleine Nadel.

Zellen gerade oder gekrümmt, nadelförmig, einige Mikromillimeter dick, zu Büscheln vereinigt. Im Plankton der Uferregion. — o bis β m —

87. **Scenedesmus acutus.**

Name von skene = Hütte und desmos = Band.

Zellen zu Kolonien vereinigt, an beiden Enden zugespitzt.

— β m bis o —

88. **Scenedesmus quadricauda** (= caudatus).

Zellen zu vier und mehr vereinigt. Sehr häufig. Meist planktonisch in der Uferregion. — o bis β m —

89. **Pediastrum boryanum.** Tafelsternalge.

Name von pedos = Platte, und dem französ. Reisenden Bory (1780—1840).

Meist 32- bis 64zellig. Zellen, aus denen die Schwärmer (welche sich zu neuen Kolonien zusammenlegen) ausgetreten sind, lassen meist deutlich ein langgestrecktes Loch in der Membran erkennen. Meist nicht typisch planktonisch, sondern mehr der Uferregion angehörig. — o bis β m —

P. duplex, dessen Platte netzartig durchbrochen ist, typischer planktonisch.

P. boryanum ist in der Sammlung Brendelscher Modelle vertreten.

90. **Actinastrum hantzschii.**

Kolonien meist 4- oder 8zellig. Zellen meist schwach kugelförmig. Charakteristischer Planktonorganismus. — o —

91. **Richteriella botryoides.** Nach P. Richter, Algologe in Leipzig.

Im Plankton. Leicht kenntlich an den ziemlich derben, nach dem Ende zu verjüngten Stacheln. Erscheint bei etwa 100facher Vergrößerung wie ein grünes Heliozoon. Nur in β-mesosaprobem Wasser üppig entwickelt, sonst mehr einzeln.

Confervales.

— **Ulva lactuca.** Meersalat. (Nicht abgebildet.)

ulva = Name einer Sumpfpflanze bei Virgil.

Bildet salatblattartige grüne Flächen, welche an Steinen usw. festgeheftet sind, im Laufe der Entwicklung sich aber loszulösen und frei am Boden zu liegen pflegen. *Ulva* bedarf nach Angaben in der Literatur zu seinem Wachstum des Natriums. Verbreitet im nördlichen Eismeer, an der Ostküste von Nordamerika, in der Nordsee, Ostsee, an der englischen, französischen und spanischen Küste, im Mittelmeer. Die Entwicklung dieser Pflanze wird durch ins Meer geleitete organische Abwässer begünstigt; durch Massenentfaltung, verbunden mit Fäulnis, kann sie dann lästig werden.

— **Enteromorpha intestinalis.** Darmalge. (Nicht abgebildet.)

Bildet unregelmäßig-darmartig gestaltete grüne Schläuche, von mehreren Millimetern Durchmesser, öfter zu schwimmenden Massen vereinigt.

Ent. linza u. a. m. im Meere an Steinen und Holzpfählen.

92. **Ulothrix zonata.** Kraushaaralge.

Name von ulos = kraus.

Fäden unverzweigt, bisweilen sehr dick (75 μ). Chromatophor sattelförmig, in der Einzahl in jeder Zelle. Oft schlüpfen unter den Augen des Beobachters die Schwärmsporen aus.

Manche Arten von *Ulothrix* bevorzugen abwasserführende Gewässer. — meist o —

93. **Conferva bombycina.**

Name von einer Wasserpflanze bei Plinius, welche gebrochene Knochen zusammenheilen soll (confervēre).

Fäden von 5—15 μ Dicke, unverzweigt, an der H-struktur und den ölassimilierenden Chromatophoren kenntlich. Bildet schwimmende oder schwebende, öfter an Wasserpflanzen festhaftende grüne Watten. Teiche, welche durch diese Fadenalge verkrauten, können unter geeigneten Verhältnissen durch Einsetzen von Schwänen rein gehalten werden. — *β* m —

94. **Stigeoclonium tenue.**

Die etwa 10—15 μ dicken Fäden bilden festsitzende, saftgrüne Rasen, manchmal auch nur eine sogenannte *Stigeoclonium*-Sohle. — *α* m bis *β* m —

Sehr polymorph, z. B. verzweigt und unverzweigt. Trotzdem meist daran kenntlich, daß jede Zelle ein sattelförmiges Chromatophor enthält, welches die Mitte der Zelle einnimmt, während der freie Teil weiß bleibt, daher *Stigeoclonium*, d. h. gefleckter Zweig, genannt. Die Schwärmsporen besitzen vier Geißeln. Man erhält sie meist leicht, wenn man das eingesammelte Material auf einen weißen Teller in

Wasser legt und an das Fenster stellt. Am nächsten Tage wird man einen grünen Saum von Schwärmsporen an der dem Licht zugekehrten Seite des Tellers beobachten. Eine der häufigsten Fadenalgen.

Draparnaldia und *Chaetophora* sind mit *Stigeoclonium* verwandt.

95. **Oedogonium rivulare.**

Name von oidan = anschwellen.

Fäden unverzweigt, ziemlich dick (bis etwa 45 μ), die männlichen etwas zarter als die (hier abgebildeten) weiblichen. Fäden an Kappen und Scheiden (wie alle *Oedogonium*-Arten) meist leicht kenntlich. Diese hochorganiiserte Alge lebt in der Regel festsitzend auf Schilf a. u. m. Auf den Oogonien schmarotzt *Chytridium olla.* — *β* m —

96. **Cladophora Species.**

Diese Fadenalgen bilden mehr oder weniger auffällige grüne, nicht schleimige Besätze in Flüssen, Gräben, an Meeresküsten usw.; sie sind im allgemeinen daran leicht kenntlich, daß die Fäden ziemlich fest sind und dementsprechend dem Zerreißen einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Jungbrut von Fischen kann sich in dem festen Algenfadengewirr verfangen und darin absterben. In Flüssen können sie unter Umständen abseihend auf das Plankton wirken, vergleichbar den Barten des Wales. Infolge der Anhäufung kann dann allmählich eine geringe Zersetzung eintreten, welche eine stärkere Entwicklung mancher Rädertiere zur Folge hat.

Während *Cl. glomerata* meist ziemlich kurze Besätze bildet, kann *Cl. crispata* an Wehren und in Rieselfeldgräben in riesenhaften Strähnen von 9—10 m Länge auftreten. Werden Wiesen überschwemmt, können sie auf diesen eine Art Wiesenpappe (auch Meteorpapier genannt) bilden.

Cl. profunda tritt als bemerkenswert wenig lichtbedürftige Alge in kurz-büscheligen, straffen Besätzen in 10 und mehr Metern Tiefe in großen klaren Seen auf.

Cl. (Aegagropila) sauteri bildet in manchen Seen grüne, massige, nicht schleimige Kolonien bis zur Größe einer kleinen Kegelkugel. Diese Alge wird im Botanischen Garten in St. Petersburg in mit Wasser gefüllten großen Blumentöpfen, deren Boden mit Sand bedeckt ist, im Licht mit bestem Erfolg seit langem kultiviert.

Cl. rupestris bildet fellartige, zottige Besätze an Steinen und Felsen der Meeresküsten, was auf Festigkeit der Anheftung und der Fäden schließen läßt wie sie im Süßwasser kaum beobachtet wird.

Die Fäden von *Cladophora* sind häufig mit Kieselalgen wie *Cocconeis*, *Rhoicosphenia* und *Gomphonema* besetzt.

97. **Vaucheria.** Nach dem Botaniker Vaucher in Genf (1763—1841).

Die „Schlauchalge" findet sich im Wasser und auf feuchter Erde. Im Drainwasser von Rieselfeldern und in manchen Bächen kommt sie

oft zu derartig massenhafter Entwicklung, daß sie zentnerweise eingesammelt werden könnte. Die Fäden stehen dann vom Substrat oft wie die Haare eines straffen Fuchsfelles ab. Auf feuchtem Torfmull (Korngröße möglichst nicht über 5 mm) können manche Arten leicht kultiviert werden, wenn man für genügende Feuchtigkeit sorgt und die Kulturgefäße mit einer Glasscheibe überdeckt.

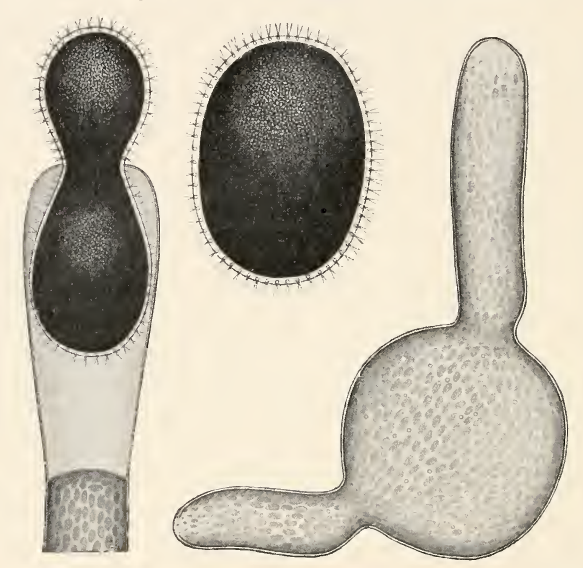


Abb. 77. *Vaucheria ungeri.* Schwärmspore, aus dem Sporangium hervortretend. Schwärmspore frei beweglich. Schwärmspore keimend. ca. 200mal vergr. (Nach L. Kny.)

Die Erzeugung von Geschlechtsorganen gelingt in der Regel leicht bei Kultur in 2—4%iger Rohrzuckerlösung. [Vgl. Klebs (2) und Heering (1)].

Bringt man auf Exkursionen Fäden von *Vaucheria* in eine Planktonkammer, so kann man sie mit einer etwa 25mal vergrößernden Lupe in bezug auf Einzelheiten sehr gut beobachten. Die Fäden sind bisweilen mit Eisen- und Mangankrümeln bedeckt, welche durch die Eisenbakterie *Siderocapsa* erzeugt sein können.

Caulerpa ist eine reich gegliederte Gattung der Siphoneen in den wärmeren Meeren.

Phaeophyceae. Braunalgen.

— **Laminaria saccharina**. Zuckertang.

Reich an Mannit, der beim Trocknen an der Oberfläche der Alge als weißliches Pulver auswittert.

In Beständen lebend und bei Ebbe hervortauchend. Die Laminarien sind Charakterpflanzen der nördlichen Meere; sie fehlen dementsprechend in den Tropen. Die Fortpflanzung findet im Winter statt. Sie wurden früher zur Jodbereitung verwandt. Abb. s. beistehend.

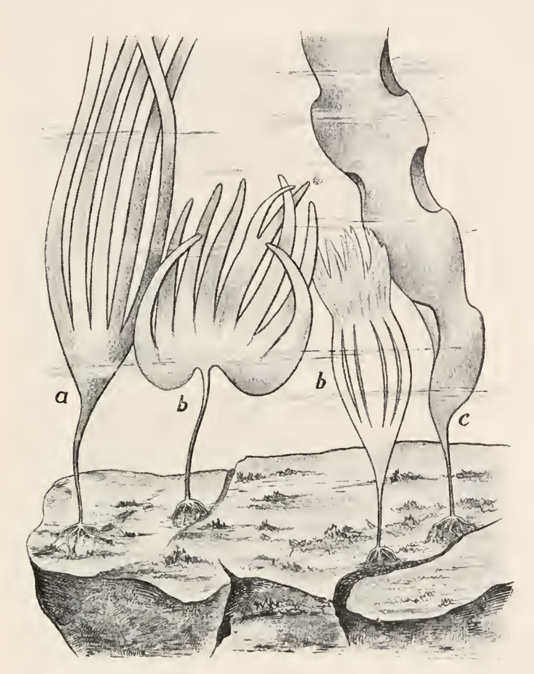


Abb. 78. *Laminaria Species.* *a L. digitata.* *b L. hyperborea* (alt und jung). *c L. saccharina.* ca. $^1/_{15}$ nat. Größe. (Neuzeichnung nach P. Kuckuck.)

— **Laminaria digitata** (= Lam. flexicaulis). Fingertang.

Beim Durchschneiden des Stieles quillt keine Gallerte hervor. Bei Helgoland häufig, in der westlichen Ostsee nicht selten.

— **Laminaria hyperborea** (= Lam. cloustoni). Palmentang.

Beim Durchschneiden des Stieles tritt in Menge Gallerte hervor.

Laminarien eignen sich gut zum Nachweis von Jod in Meeresalgen. Nach H. Molisch werden dünne Späne getrockneter *Laminaria* in eine Glaskammer (z. B. Planktonkammer) gebracht und mit einigen Tropfen konzentr. HCl befeuchtet. Auf die Unterseite der Deckscheibe bringt man mit einem Tröpfchen Wasser etwas Stärke, deckt die Platte auf und beobachtet die Bläuung der Stärke durch



Abb. 79. Vegetationsbild von Meeresalgen, vom Ufer der Sitka-Insel (Alëuteninseln bei Alaska). (Nach Postels u. Ruprecht.)

das freiwerdende Jod. Die stattfindende Umsetzung kann man sich durch folgende Formel veranschaulichen:

$$NaJ + HCl = NaCl + HJ;$$

aus dem HJ wird Jod leicht frei. Ähnlich wird die Umsetzung verlaufen, wenn das Jod in der Pflanze organisch gebunden ist. Vgl. J. Babiy (1). Will man größere Stücke von Tang (auch *Fucus*, Nordsee, Mittelmeer!) verwenden, so koche man etwa fingerlange Stücke im Reagenzrohr aus und mache das Jod durch etwas rauchende Salpetersäure frei. Stärkekleister wird jetzt tief blau gefärbt; Chloroform oder Schwefelkohlenstoff nehmen violette Farbe an.

Trockene *Laminaria*-Stiele, welche auch in Apotheken käuflich sind, eignen sich sehr gut zu Quellungsversuchen. Sie vermehren nach Einlegen in Wasser ihr Volumen sehr bedeutend. Man sehe auch das mikroskopische Bild an.

Die beigefügte Abb. gibt ein Bild*) von der Vegetation mariner Algen (hauptsächlich Laminariaceae) von der Küste der Aleuteninseln nach Postels u. Ruprecht. Es zeigt links *Iridaea* (Florideae) und *Laminaria*, in der Mitte *Constantinea rosa marina* (Florideae), *Alaria* und *Agarum*, rechts *Macrocystis*, *Nereocystis* und *Thalassiophyllum*.

— **Macrocystis pyrifera** (Laminariaceae). Tang der Südsee. Längste Pflanze, bis 330 m lang.

— **Fucus vesiculosus.** Gemeiner Blasentang. fucus = Tang. (Nicht abgebildet.)

Die mit wenigen Ausnahmen marinen Brauntange weisen sehr mannigfach gestaltete Vertreter auf; einfach-fadenförmige, wie *Sphacelaria* und *Ectocarpus*, aber auch massig entwickelte, hochgegliederte, wie *Fucus*, *Ascophyllum* u. a. m. Der Blasentang ist in der Nord- und Ostsee häufig und oft bestandbildend, z. B. auf steinigem Substrat und an Holzwerk. Auf sandigem und geröllhaltigem Strand ist naturgemäß keine Entwicklung möglich.



Abb. 80. Eizelle von *Fucus*, umschwärmt von Spermatozoiden. Stark vergrößert. (Nach Thuret.)

In der Ostsee nimmt er mit fallendem Salzgehalt des Wassers ostwärts mehr und mehr ab. Für seine Verbreitung in vorwiegend oberflächlichen Schichten ist das Licht maßgebend. Die Vegetation der Blasentange wird im Winter nicht unterbrochen.

*) Ich verdanke die Vorlage zu dem Bilde der Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. Nadson in St. Petersburg.

Läßt man lebende fertile Thallusteile von *Fucus*, z. B. *F. serratus*, ein wenig eintrocknen, so tritt aus den männlichen Konzeptakeln eine orangefarbige Schleimmasse, welche makroskopisch deutlich sichtbar ist, hervor. Sie besteht aus zahllosen, aerotaktischen Spermatozoiden. Die umstehende Figur gibt ein Bild von der Art, wie die männlichen Befruchtungskörper ein Ei von *Fucus* umschwärmen. Nach Befruchtung durch einen Schwärmer bildet das Ei eine Hülle und beginnt mit Teilung und Wachstum.

— **Sargassum bacciferum**. Golfkraut.

sargasso im Portugiesischen = Seegras.

Im Sargassomeer zusammengeschwemmt.

Florideae, Rotalgen.

floridus = von lebhafter Farbe.

Zarte Rotalgen präpariert man für das Herbar in der Weise, daß man sie in einer Schale oder einem Teller mit Wasser (auch Süßwasser) in ihrer natürlichen Lage über einem untergetauchten Bogen Papier oder einem Karton ausbreitet. Dann hebt man sie vorsichtig heraus und preßt sie gelinde zwischen Fließpapier. Geeignete Exemplare haften dann von selbst so fest, daß sie als offene Postkarten verschickt werden können.

Johnstone u. Croell (1) haben zarte Meeresalgen auf Zinkstöcken festtrocknen und die geätzten Platten direkt zum Druck (einer Art Naturdruck) verwenden lassen.

98. **Lemanea fluviatilis**. Borsten-Floridee.

Nach dem französ. Botaniker S. Leman (1781—1829).

Die Fäden dieser Alge sind meist gegen 10 cm lang und im mittleren Teil etwa 2 mm dick. Sie leben mit Vorliebe in den Kaskaden der Gebirgsbäche, aber auch an Wehrabstürzen in Flüssen. Ausgiebige Belüftung ist die Hauptbedingung für ihre Entwicklung. Manche *Chantransia* sind Jugendstadien von *Lemanea*. — o —

— **Batrachospermum moniliforme**. Froschlaichalge. (Nicht abgebildet.)

Diese Alge bildet schlüpfrige zottige Besätze in Teichen, Bächen usw., an Stengeln, Holz, Schnecken, Schneckengehäusen und Steinen. Wegen der büscheligen Wirtel erscheinen die Fäden perlschnurartig und im Verein mit der gallertigen Beschaffenheit froschlaichartig. Bei ca. 40facher Vergrößerung hat die Pflanze eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit *Ceratophyllum*.

Die Farbe der Rasen ist häufig purpurrot oder blaugrün; im letztgenannten Falle erinnern sie makroskopisch kaum noch an Florideen. Die verschiedene Färbung wird, wie auch bei anderen Florideen, durch Kombination verschiedener Farbstoffe bedingt, die entsprechend den wechselnden chemischen und physikalischen Ernährungsbe-

dingungen bald in dieser, bald in jener Nüance überwiegen. Es sind das nach den Untersuchungen von H. Kylin:

1. Chlorophyll, der alkohollösliche Assimilationsfarbstoff;
2. Phycoerythrin, das wasserlösliche Rot der Florideen,
3. Phycocyan, das wasserlösliche Blau der Spaltalgen.

Man nimmt an, daß die Farbstoffe 2. und 3. bei schwächerer Beleuchtung Lichtstrahlen absorbieren, die dem Chlorophyll bei seiner assimilatorischen Tätigkeit zugute kommen. — meist o —

99. **Chantransia chalybaea**. Nach dem französ. Algologen G. Chantrans in Besançon.

Die Fäden dieser besonders in Gebirgsbächen häufigen, aber auch in Flüssen verbreiteten Alge bilden kurze Rasen (auf Stengeln und Steinen)

Abb. 81. *Delesseria sanguinea.* Thallus eines neu ausgeschlagenen Frühlingsexemplares Nat. Gr. Auf der alten Rippe sitzen außer den jungen „Blättchen" die im Laufe des Winters zur Reife gelangten Cystokarpien. Pflanzen mit Tetrasporen sehen ähnlich aus, nur treten an die Stelle der kugeligen, gestielten Früchte Blättchen von fast gleicher Größe. Die männlichen Organe entstehen ebenfalls an solchen kleinen Thallusläppchen, sind aber im Frühling längst vergangen, da sie nach Befruchtung der Karpogone vergehen. Winterexemplare bestehen nur aus alten Rippen, Sommerpflanzen entfalten die „Blätter" fast bis zu Spannenlänge. Die alten, zweigartigen Rippen zeigen einen so reichlichen Vorrat an Stärke, daß diese dem Querschnitt durch die Rippe ein elfenbeinweißes Aussehen verleiht. (Nach R. Kolkwitz.)

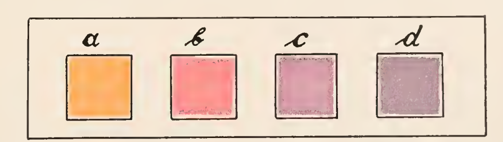


Abb. 82. Stärkereaktion mittels Jod-Chloralhydratlösung. *a Myristica fragrans.* Muskatnußarillus (Amylodextrin). *b Laurencia pinnatifida* (Tetrasporen), *Cystoclonium. c Delesseria*, *Furcellaria. d Solanum tuberosum*, Kartoffel. (Nach R. Kolkwitz.)

von stahlblauer (chalybaeus) bis bräunlicher Farbe. Die Seitenäste sind aufgerichtet und den Hauptästen parallel gestellt. Mit dieser Alge kann das mesosaprobe *Carchesium* vergesellschaftet sein, wenn nur genügender Sauerstoff vorhanden ist. — meist o bis β m —

— **Delesseria sanguinea**. Nach dem französ. Botaniker B. Delessert (1773—1847).

Hochentwickelte Rotalge der Nordsee usw., reichlich z. B. bei Helgoland. Der Thallus erscheint in Stamm und Blatt gegliedert. Die „Blätter" werden im Winter abgeworfen.

Umstehend sind außer der Alge verschiedene Reaktionen des Jod auf Florideenstärke, die von der gewohnten Blaufärbung vielfach abweichen, im Vergleich zu denen von Kartoffel und Macis abgebildet. Die Abweichungen sind auf verschiedene chemische Zusammensetzung der Stärkekörner zurückzuführen.

Näheres vergleiche man in meiner Arbeit über Assimilation, Stärkeumsatz und Atmung der Florideen in: Wissenschaftl. Meeresunters., Abt. Helgoland, 1900.

— **Ceramium rubrum**. Horn-Rottang. (Nicht abgebildet.)

Die festsitzenden, verzweigten bis 1 dm langen, fädigen Büschel dieser Floridee sind von hell oder dunkel braunroter Farbe. *Ceramium deslongchampii* besitzt schwärzlich grüne Färbung. Die paarweise stehenden Endzweige sind zangenförmig einander zugekrümmt. Der Horn-Rottang ist während des ganzen Jahres an den Meeresküsten weit verbreitet und fast überall sehr häufig. Er findet sich in den oberen sowohl als auch in den tieferen Wasserschichten.

— **Corallina officinalis**. Korallenalge. (Nicht abgebildet.)

Corallina, *Lithothamnion* und *Melobesia* bilden die Kalkalgen unserer heimischen Meere. Sie besitzen steinharte Konsistenz infolge Einlagerung von kohlensaurem Kalk in ihre Membranen. Die Aufnahme des Kalkes geschieht aus dem Wasser unter allmählicher Anreicherung. Das Meerwasser ist durch seinen Gehalt an Gips und Magnesiumchlorid sehr hart. Vgl. auch das Kap. Plankton.

Manche Kalkalgen, besonders *Lithothamnion*, sind an der Bildung fossiler Kalkablagerungen beteiligt. Sie bilden starre Kalkmassen, welche wie Korallen aussehen.

Eumycetes.

100. **Fusarium aquaeductuum** und andere Spezies.

Bildet ausgedehnte fell- und troddelartige Besätze von weißlicher oder rötlicher Farbe in Bächen mit Faschinen, an Wehren usw., wenn die Vorfluter Abwässer aus Zellstoffabriken u. a. m. aufnehmen. Verträgt schwach saure Abwässer. Manche Arten scheinen Kohlen-

hydrate, andere meist mehr eiweißartige Stoffe zu bevorzugen. Vgl. auch Appel u. Wollenweber (1). — *a* m —

101. **Saprolegnia monoica.**

Name von sapros = faul und legnon = Saum (weil einen Saum um tote Tiere bildend).

Bildet sich leicht, wenn man verletzte Fliegen, Asseln, Mehlwürmer oder dgl. in Teich-, Fluß- und ähnliches Wasser wirft. Es entstehen Schwärmsporen, Oogonien und Antheridien. (Vgl. auch das Kapitel Schimmelpilze.)

102. **Leptomitas lacteus** (= Apodya lactea).

Besonders in Vorfluter mit städtischen und Zuckerfabrikwässern entwickelt, besonders zur kalten Jahreszeit. — *a* m —

Der *Leptomitus* ist kenntlich durch:

1. Fadenglieder, welche durch Einschnürungen voneinander abgetrennt sind und bei Verletzungen durch zelluloseartige Kugeln abgeschlossen werden. Der Mechanismus erinnert an manche Verschlüsse von Selterswasserflaschen;

2. erheblichen Durchmesser (ca. 16 μ) der Fäden; in der Planktonkammer mit starken Lupen sehr gut kenntlich.

Die Fäden von *Sphaerotilus* (2 μ breit), welche ca. achtmal feiner sind, erscheinen nur wie lange, zarte Striche;

3. die Konsistenz der makroskopischen Zotten und Fladen, welche an feuchte Watte erinnern. *Sphaerotilus* ist viel schleimiger und weniger fest;

4. federiges Aussehen der losgerissenen, treibenden Massen. Diese sind bei *Sphaerotilus* mehr gleichartig.

Mucor hat keine Einschnürungen, *Fusarium* ist stark verzweigt.

103. **Mucor (zygorhynchus).** Wasser-Mukor.

mucor = Schimmel; zusammenhängend mit mucus = Schleim.

Während die meisten *Mucor* (z. B. *M. mucedo*) kohlenhydratliebende Luftschimmel sind, vegetieren einige unter Wasser unter Bevorzugung von mehr eiweißartiger Nahrung: dabei bilden sie weißliche fellartige Besätze (z. B. an Faschinen) von erheblicher Ausdehnung. Makroskopisch dem *Leptomitus* ähnlich; auch *Mucor racemosus* kann solche Felle bilden. Dicke der Fäden häufig ähnlich wie bei *Leptomitus*, aber Einschnürungen fehlen. — *a* m —

Charales. Armleuchtergewächse. Stellung im System etwas unbestimmt.

104. **Nitella fléxilis.**

Name von nitella = Glanz.

Zellen im Gegensatz zu *Chara* ohne Berindungsfäden. Jedes Glied einzellig. Zellen also sehr groß (bis 12 cm lang). In Gräben, Teichen und der Uferpartie von Seen festgewurzelt.

Die Zellen von *Nitella* sind sehr geeignet zum Studium der Plasmaströmung, die hier nicht erst durch Verletzungsreiz ausgelöst wird. Umgibt man das Deckgläschen mit Eisenstaub, so kommt die Strömung des Plasmas infolge Mangels an Sauerstoff zum Stillstand, um nach Entfernen des Eisenpulvers wieder zu beginnen. — o —

— **Chara foetida.** Armleuchtergewächs. Vgl. Vegetationsbild.

Bildet oft große untergetauchte Hangwiesen am Ufer reiner Gewässer. Verträgt keine Beeinflussung durch Abwässer. Viele Arten von *Chara* sind stark mit kohlensaurem Kalk inkrustiert. Die Antheridien (rot) und Oogonien (grün bis braun) sind sehr gut in der Planktonkammer zu beobachten. — o —

Bei *Chara crinita* ist Parthenogenesis festgestellt worden.

Bryophyta.

105. **Fontinalis antipyretica.** Quellmoos.

Wächst meist in dunkelgrünen oder braun erscheinenden Büschen, welche oft viele Detrituspartikel und Organismen zwischen ihren Zweigen beherbergen; an Steinen, Bohlen usw. Vgl. auch das Vegetationsbild und den Abschnitt Moose. — meist o —

Pteridophyta.

— **Salvinia natans.**

Name nach A. M. Salvinius in Florenz.

Im Herbst besonders zwischen Floßhölzern an der Oberfläche des Wassers schwimmend. Vgl. Pteridophyta.

106. **Isoëtes lacustris.** Brachsenkraut.

Name von isos = gleich und etos = Jahr, weil das ganze Jahr hindurch gleichbleibend.

Einziges heimisches Farnkraut, welches ganz untergetaucht lebt. In reinen Seen bisweilen förmliche Wiesen bildend. Mit Makro- und Mikrosporen. — o —

Monocotyledoneae.

— **Potamogeton perfoliatus.** Laichkraut. Abb. auf Vegetationsbild.

Am Ufer oft dichten Krautbestand bildend.

— **Zostera marina.** Seegras. (Nicht abgebildet.)

zoster = Name einer Pflanze bei Theophrast.

Zu den Potamogetonaceae gehörig. Ist der einzige Vertreter der höheren Pflanzen in unseren nordischen Meeren. Es pflegt große unterseeische Wiesen zu bilden.

— **Alisma plantago.** Froschlöffel.

Vgl. das Ufervegetationsbild unter „Ökologie“.

107. **Hydrocharis morsus ranae**. Froschbiss. Abb. s. auch auf dem Vegetationsbild.

In der Uferregion stehender Gewässer. Überwintert durch ruhende Knospen.

— **Elodea canadensis**. Wasserpest.

Name von elodes = sumpfig. S. Tafel I bei: Assimiltaion.

— **Phragmites communis**. Schilf.

Vgl. Vegetationsbild im Kap. Ökologie.

— **Glyceria aquatica**. Schwadengras.

Vgl. Vegetationsbild.

— **Carex vulgaris**. Sumpfsegge.

Name von carere = kratzen, weil das Kraut zum Blankmachen dient. Vgl. Vegetationsbild.

— **Lemna trisulca**. Untergetauchte Wasserlinse.

Vgl. Vegetationsbild und das Kapitel über Assimilation.

— meist o —

108. **Lemna arrhiza**. Kleinste Phanerogame.

Bildet 1—2 mm große, grüne Polsterchen, welche an der Oberfläche des Wassers schwimmen. Selten. Vgl. das Kapitel über Wasseraufnahme durch Wurzeln.

Dicotyledoneae.

— **Callitriche vernalis**. Wasserstern.

In Gebirgsbächen lang flutend, in stehenden Gewässern mit sternförmiger Blattrosette. Gelegentlich auch auf feuchtem Schlamm als niedrige Landpflanze (Dicotyledoneae). — meist o —

109. **Myriophyllum spicatum**. Tausendblatt.

Uferpflanze stehender Gewässer. Blütenähre über Wasser sich entfaltend. Stengel bis 2 m lang.

110. **Ceratophyllum demersum**. Hornkraut.

Uferpflanze stehender Gewässer. Bei üppiger Entwicklung Blattwirtel quastenartig.

Tiere des Wassers (als Anhang).

An dieser Stelle seien in einem besonderen Kapitel einige ökologisch wichtige Tiere des Wassers abgebildet, weil sie als Algen-, Bakterien- und Detritusfresser usw. großen Einfluß auf das Schicksal der Kleinpflanzen haben und dadurch ein wichtiger Faktor für die Ökologie der Gewässer sind. Sie kommen auch als Zerstörer pathogener Keime im Wasser in Betracht. Sie spielen ferner als Schlammverzehrer zum Teil eine wesentliche Rolle, regeln das ökologische Gleichgewicht und sind

Tiere des Wassers.

(Entsprechende Abb. von Pflanzen s. Taf. VII)

Rhizopoda:
1. Amoeba proteus.
2. Amoeba (Hyalodiscus) limax.
3. Difflugia pyriformis.
4. Arcella vulgaris.
5. Cyphoderia margaritacea.
6. Euglypha alveolata.
7. Trinema enchelys.
8. Diplophrys archeri.

Heliozoa:
9. Actinophrys sol.
10. Actinosphaerium eichhorni.

Flagellata:
11. Diplosiga frequentissima.
12. Monas vivipara.
13. Bodo ovatus.
14. Anthophysa vegetans.
15. Spirochaete plicatilis.

Ciliata:
16. Coleps hirtus.
17. Lionotus (Loxophyllum) fasciola.
18. Colpidium colpoda.
19. Chilodon cucullulus.
20. Glaucoma scintillans.
21. Paramaecium caudatum.
22. Halteria grandinella.
23. Spirostomum ambiguum.
24. Stentor roeseli.
25. Stylonychia mytilus.
26. Euplotes charon.
27. Vorticella microstoma.
28. Epistylis plicatilis.
29. Carchesium lachmanni.

Suctoria:
30. Acineta grandis.

Spongiae:
31. Spongilla (Euspongilla) lacustris.

Hydroidea:
32. Hydra fusca.

Vermes:
33. Planaria gonocephala.
34. Nephelis vulgaris.
35. Tubifex rivulorum.

Rotatoria:
36. Callidina elegans.
37. Rotifer actinurus.
38. Philodina aculeata.
39. Asplanchna priodonta.
40. Synchaeta tremula.
41. Polyarthra platyptera.
42. Euchlanis dilatata.
43. Colurus species.
44. Brachionus urceolaris.
45. Anuraea aculeata.
46. Anuraea cochlearis.

Bryozoa:
47. Plumatella repens.

Mollusca:
48. Limnaea stagnalis.
49. Limnaea (Gulnaria) auricularia.
50. Planorbis corneus.
51. Paludina vivipara.
52. Bythinia tentaculata.
53. Valvata piscinalis.
54. Sphaerium (Cyclas) corneum.
55. Dreissensia polymorpha.

Crustacea:
56. Asellus aquaticus.
57. Gammarus pulex.
58. Cyclops leuckarti.
59. Nauplius.
60. Diaptomus graciloides.
61. Cypris fusca.
62. Daphnia pulex.
63. Hyalodaphnia cucullata.
64. Bosmina longirostris.
65. Bosmina coregoni.
66. Chydorus sphaericus.
67. Leptodora hyalina.

Hydrachnidae:
68. Hydrachna globosa.

Tardigrada:
69. Macrobiotus macronyx.

Thysanura:
70. Podura aquatica.

Orthoptera:
71. Perla bicaudata.
72. Clöe diptera.
73. Agrion puella.

Neuroptera:
74. Phryganea grandis.
75. Hydropsyche.
76. Sialis lutaria.

Hemiptera:
77. Notonecta glauca.
78. Corixa striata.

Diptera:
79. Eristalis tenax.
80. Stratiomys chamaeleon.
81. Simulium ornatum.
82. Chironomus plumosus.
83. Ceratopogon communis.
84. Corethra plumicornis.
85. Culex pipiens.

Coleoptera:
86. Dyticus marginalis.
87. Acilius sulcatus.

Pisces:
88. Alburnus lucidus.

Amphibia:
89. Rana esculenta.
90. Triton taeniatus.



Tiere des Wassers
(Algen-, Bakterien-, Detritusfresser usw.)

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



wichtig bei Aquarienstudien [vgl. E. Bade (1)]. Es sind auch höher organisierte Tiere berücksichtigt worden, um den ökologischen Charakter in der Darstellung zu betonen.

Die normalerweise chlorophyllführenden Flagellaten sind aus physiologisch-ökologischen Gründen zu den Pflanzen gerechnet worden.

Ausführungen zu Taf. VIII.

Rhizopoda. Wurzelfüßler.

1. **Amoeba proteus** (= A. princeps).

   Der nackte, etwa $^1/_2$ mm große Körper ist durch Formveränderung der Pseudopodien amöboid beweglich. Lebt mit Vorliebe in krautreichen Gewässern auf Schlamm, Stengeln usw. — o —*)

2. **Amoeba (Hyalodiscus) limax.**

   Meist langgestreckt und regelmäßig gestaltet wie eine Nacktschnecke. Sammelspezies. Länge gegen 100 μ. In Abwässern, biologischen Tropfkörpern**) und nährstoffreichen Gewässern, z. B. im organischen Filz. — p bis β m —*)

3. **Difflugia pyriformis.**

   Gehäuse aus Fremdkörpern aufgebaut, mehr oder weniger flaschenförmig. Länge bis $^1/_2$ mm. Vorwiegend in krauthaltigen Gewässern. — o bis β m —

4. **Arcella vulgaris.**

   Obere Schalenseite uhrglasförmig, untere flach, Schale meist bräunlich, areoliert, bis etwa 150 μ breit. Lebt mit Vorliebe auf Schlamm verkrauteter Gewässer und in Wasser von biologischen Tropfkörpern, das man einige Zeit stehen läßt. — α m bis β m —

5. **Cyphoderia margaritacea.** (= C. ampulla).

   Schale retortenförmig, aus feinen Plättchen zusammengesetzt. Länge 100—170 μ. — o —

6. **Euglypha alveolata.**

   Schale farblos, aus rundlichen Platten bestehend. Mündung gezackt. Hinterende mit und ohne Stacheln. Länge gegen 100 μ. — β m —

7. **Trinema enchelys.**

   Schale mehr oder weniger deutlich gefeldert, bis 100 μ lang. Die Öffnung der Schale befindet sich an der Seite. Der Organismus ist typisch für reinere Partien von Rieselböden und Tropfkörpern. — meist α m —

---

*) Über die Bedeutung dieser Bezeichnungen vergleiche man den Abschnitt über Ökologie der Gewässer.

**) Näheres siehe im Abschnitt Schizomycetes.

8. **Diplophrys archeri.**

Schale kugelig. Körper innen mit großem Öltropfen, der dem Beobachter bisweilen das ganze Objekt als Öltropfen erscheinen läßt, zumal die Pseudopodien nicht immer zu sehen sind. — α m —

Heliozoa. Sonnentierchen.

9. **Actinophrys sol.**

Körper etwa 50 μ im Durchmesser. Entwickelt sich, häufig in Gemeinschaft mit *Arcella vulgaris*, oft reichlich in biologisch gereinigtem Wasser, wenn dieses einige Zeit steht. Häufigstes Sonnentierchen. — α m bis β m —

10. **Actinosphaerium eichhorni.**

Erreicht einen Durchmesser von 1 mm, ist also größer als *Actinophrys*. Lebt von anderen Kleintieren. Findet sich in Gewässern mit lockerem, belüftetem Schlamm. — α m bis β m —

Flagellata.

11. **Diplopiga frequentissima.** Doppelkragenmonade.

Dieser Organismus ist durch sein Vorkommen bemerkenswert. Er sitzt oft massenhaft den Strahlen der Sternalge *Asterionella* auf und bewegt diese oft durch das Schlagen seiner Geißeln fort (passiv planktonisch). Größe gegen 12 μ. — meist o —

12. **Monas vivipara.**

Bis etwa 30 μ lang. Freibeweglich und festsitzend. — α m —

13. **Bodo ovatus.**

Mit drei kontraktilen Vakuolen an der Geißelbasis. Mit anderen Bodonen häufig in Aufgüssen und halbmineralisiertem Wasser. Bakterienfresser, wie experimentell ermittelt. Bodonen sind im Wasser sehr verbreitet. — α m —

14. **Anthophysa vegetans.**

Stiele der Kolonien meist braun (durch Eisenoxydhydrat, auch durch Humate). Können mit Eisenbakterien verwechselt werden, sind aber von ihnen durch ihre seilartige Struktur verschieden. Zellkolonien farblos. *Anthophysa* entsteht in großer Menge fast regelmäßig, wenn städtisches, nicht stark faulendes Abwasser einige Zeit steht, besonders in der darauf sich bildenden *Zoogloea*-Schwimmschicht. Gut in der Planktonkammer zu beobachten! — typisch α m —

15. **Spirochaete plicatilis.** Sumpf-Spirochaete.

Körper sehr biegsam und beweglich. Häufig in unteren Schichten biologischer Tropfkörper und in Schlamm, welcher nach H_2S riecht, aber von reinerem Wasser bedeckt ist. Systematische Stellung noch unsicher. — meist α m —

Ciliata.

16. **Coleps hirtus.** Tönncheninfusor.

Körper von tönnchenartiger Gestalt; Bewegung schwankend. Mundöffnung mit sägenartigem Saum. Sehr gefräßig. Kann sich reichlich in mesosaprobem Wasser entwickeln, dem man einige Semmelkrümel zusetzt. — β m bis α m —

17. **Lionotus (Loxophyllum) fasciola.**

Bis 200 μ lang, abwechselnd vorwärts und rückwärts schwimmend. — β m bis α m —

18. **Colpidium colpoda.**

Körper etwas nierenförmig, gegen 100 μ lang. Häufig in fäulnisfähigem Wasser. Kann schlecht gereinigtes Grabenwasser milchig trüben. — α m —

19. **Chilodon cucullulus.**

Körper abgeplattet. Die fischreusenartigen Schlundstäbe sind charakteristisch. Frißt besonders Kieselalgen. — β m bis α m —

20. **Glaucoma scintillans.**

Der eiförmig gestaltete Organismus ist an den ständig sich bewegenden undulierenden Membranen des Mundsaumes kenntlich. Findet sich in Gesellschaft von *Bodo* und vielen anderen sehr häufig im Wasser der Blumenvasen usw. — α m bis β m —

Viele Protozoen kann man in Rohkultur erhalten, wenn man temperiertem Teich-, Flußwasser oder dgl. eine der aufgezählten Substanzen hinzufügt:

Bananenschale,	Milchtropfen,
Pflanzenstengel,	Bluttropfen,
Heu,	Abwaschwasser von Fleisch,
Salat (getrocknet),	Fleischextrakt.

Von Zeit zu Zeit impft man in neu zubereitete Flüssigkeiten über.

21. **Paramaecium caudatum.** Pantoffeltierchen.

Mund in der Mitte der Bauchseite, die Nahrung in Vakuolen befördernd, welche die unverdauten Partikel an der Oberfläche wieder entleeren. Hinterseite des Körpers mit längeren Zilien. In der Planktonkammer mit Lupe sehr gut zu erkennen. Planktonisch in nährstoffreichem Wasser. — α m —

22. **Halteria grandinella.**

Kleiner (30—40 μ), ziemlich häufiger Planktonorganismus; passiert meist die Maschen des Planktonnetzes. Typisch ist für diesen Organismus die springende Fortbewegung. — meist β m —

23. **Spirostomum ambiguum.**

Größtes Wimperinfusor, bis mehrere Millimeter lang. Körper sehr flexil. — α m bis β m —

24. **Stentor roeseli.** Trompetentierchen.

Meist festsitzend, bis ½ mm lang. Kern langgestreckt, nicht rosenkranzförmig. Die Trompetentierchen fressen *Cryptomonas* und andere Kleinorganismen. — *α* m bis *β* m —

— **Stentor coeruleus** (nicht abgebildet).

Blau bis blaugrün. — typisch *α* m —

25. **Stylonychia mytilus.**

Körper mehr oder weniger keilförmig. Bewegung meist laufend, oft stoßweise. — *α* m bis *β* m —

26. **Euplotes charon.**

Länge 70—80 μ. Körper flach. Die Tiere pflegen auf den starken Cirren zu laufen und zu stehen. Die Seitenansicht ist in der Abbild. bei stärkerer Vergrößerung wiedergegeben als die Flächenansicht. — *β* m bis *α* m —

27. **Vorticella microstoma.** Glockentierchen.

Körper auf nicht verästelten, kontraktilen Stielen, mehr oder weniger eiförmig, am Peristomende verengt. Typisch für mehr oder weniger faulige Wässer. Frißt Bakterien. — p bis *α* m —

Vorticella nebulifera findet sich in reinem Wasser.

Betrachtet man Glockentierchen, welche auf einem Pflanzenrest festsitzen mit Lupe in einer Planktonkammer, so kann man schon bei 40facher Vergrößerung das Herbeistrudeln der Nahrungspartikel beobachten, wenn man durch geeignetes Abschatten mittels des Fingers eine Art Dunkelfeldbeleuchtung erzeugt.

28. **Epistylis plicatilis.**

Körper kontraktil, Stiele nicht kontraktil. Länge der Zellen gegen 100 μ. Lebt oft auf den Gehäusen von Schnecken. — *α* m bis *β* m —

29. **Carchesium lachmanni.**

Sehr leicht kenntlich. Kontraktile Stiele der Kolonien verzweigt; jeder Nebenast mit besonderem Muskel. Frißt Bakterien, ernährt sich aber wohl auch durch gelöste organische Substanzen. Sehr typisch für mittelstark verschmutzte Gewässer, hier oft weiße, kurzrasige Überzüge an Stengeln, Blättern usw. bildend. In der Planktonkammer leicht zu erkennen. Abgerissene, treibende Fladen wie bei Abwasserpilzen werden nicht beobachtet. — *α* m —

— **Ophrydium versatile** (nicht abgebildet).

Bildet bis faustgroße, wässerig-gelatinöse Kolonien (von durch Chlorellen meist grüner Farbe), welche in der Uferregion vorwiegend in der Nähe der Wasseroberfläche schwimmen. Wird bisweilen mit *Nostoc* verwechselt, doch können die glockentierähnlichen Einzelorganismen an Ort und Stelle in der Planktonkammer leicht erkannt werden.

Suctoria.

30. **Acineta grandis.** Sauginfusor.

Fängt mit seinen Tentakeln andere Protozoen und saugt sie aus. An Pflanzen, Detritus usw. festsitzend. — β m —

Spongiae.

31. **Spongilla** (Euspongilla) **lacustris.** Süßwasserschwamm.

Stöcke gelblich oder durch Algen grün. Larven frei umherschwimmend, weiß, fast mit bloßem Auge erkennbar. — oft β m —

Auf der Tafel ist auch eine Nadel (chitinartige Substanz) abgebildet. — meist β m —

Hydroidea.

32. **Hydra fusca.** Brauner Süßwasserpolyp.

Fängt mit seinen Armen und Nesselkapseln häufig *Daphnia* u. a. m. Verbreitet, besonders an Wurzeln von Wasserlinsen.

Hydra viridis ist grün durch *Chlorella.* — o bis β m —

Vermes.

33. **Planaria gonocephala.** Strudelwurm.

Körper mit feinen Wimpern überzogen, die in ständiger Bewegung sind. Leben zwischen Wasserpflanzen, unter Steinen im Wasser usw. Kriechen an die Glaswände, wenn man Kraut in ein Gefäß tut. Nahrung meist mineralisch. Eikapseln kugelig, gestielt. — o —

34. **Nephelis vulgaris.** Schlammegel.

Meist einige Zentimeter lang, von grauschwärzlicher Farbe. An vielen Stellen sehr häufig in sich frisch zersetzendem Schlamm. Sehr widerstandsfähig. Ernährt sich von Protozoen und Crustaceen, soll auch *Paludina* aussaugen. — meist β m bis α m —

— **Haplotaxis gordioides** = **Phreoryctes menkeanus.** (Nicht abgebildet.)

Drahtartig starrer, rötlicher Wurm von etwa 1 Fuß Länge, welcher bisweilen durch feuchten Boden in Grundwasserleitungen, besonders in Gebirgsgegenden gelangt und aus den Zapfhähnen der Leitungen hervorkommen kann. Er ist hygienisch unschädlich und kann durch geeignetes Spülen entfernt werden. — o —

35. **Tubifex rivulorum.** Schlammwurm.

Die in etwa natürlicher Größe abgebildeten Tiere stecken mit dem Kopfteil im Schlamm und bewegen den frei ins Wasser ragenden hinteren Teil hin und her. Sie fressen den Schlamm durch ihren Körper und wirken dadurch ähnlich wie Regenwürmer. In fauligem Schlamm oft so massenhaft, daß sie Überzüge von roter Farbe bilden. Stampft man am Ufer kräftig mit dem Fuß, ziehen sie sich plötzlich in den Schlamm zurück. Scheint in sauerstoffreiem Wasser leben zu können. — p bis β m —

— **Nematoden.** Fadenwürmer. (Nicht abgebildet.)

Vom Aussehen des Essigälchens. Sehr verbreitet im Schlamm und organischen Detritus; bei reichlicherem Auftreten auch erratisch im Plankton. Vielfach irrtümlich als *Anguillula* bezeichnet.
— α m bis β m —

Rotatoria. Rädertiere.

Viele Rädertiere fressen Algen. Da ihr Körper durchsichtig ist, erkennt man die Farbe der Algen im Darminhalt. Dieser kann erscheinen:

grünlich durch *Chlorella* und *Cryptomonas*,
gelblich durch *Stephanodiscus*,
schwarzbraun durch *Trachelomonas*,
weinrot durch *Chromatium*.

36. **Callidina elegans.**

Lebt vorwiegend in der Ufer- und Schlammregion. Augen fehlend. Häufig. — α m —

37. **Rotifer actinurus.**

Körper lang teleskopartig ausziehbar. Vermag in sehr sauerstoffarmem Wasser zu leben. — α m bis p —

38. **Philodina aculeata.**

Augen im Nacken, nicht am Rüssel wie bei *Rotifer*. Räderorgan bei dem abgebildeten Tiere eingezogen. Vorwiegend in der Uferregion.
— o bis β m —

39. **Asplanchna priodonta.**

Körper ziemlich hyalin, bis 1 mm lang. Frißt Algen, Rädertiere (z. B. *Anuraea cochlearis*; s. Abbild.) und Kleinkrebschen. Echt planktonisch. — o bis β m —

40. **Synchaeta tremula.**

Planktonisch. Länge 0,1—0,2 mm. (Die ähnliche *S. pectinata* ist etwa 0,3 mm groß.) — β m bis o —

41. **Polyarthra platyptera.**

Bewegt sich schwimmend und stoßweiße fortschnellend. Im Plankton häufig. — β m bis o —

42. **Euchlanis dilatata.**

Planktonisch, vorwiegend in der Uferregion. Länge 0,3—0,4 mm.
— o bis β m —

43. **Colurus Species.**

Körper mit Panzer. Fuß mit zwei Zehen. — β m bis α m —

44. **Brachionus urceolaris.**

Der Vorderrand des etwa 0,3 mm großen Tieres trägt sechs Dornen. Planktonisch. In der Kammer mit Lupen gut zu erkennen. Häufig im Plankton von β m-Wässern.

45. **Anuraea aculeata.**
Sehr verbreitet im Plankton. Frißt u. a. *Cryptomonas*.
— o bis β m —

46. **Anuraea cochlearis.**
An ähnlichen Orten wie *A. aculeata*. Sehr charakteristischer Planktonorganismus. — o bis β m —

Bryozoa.

47. **Plumatella repens.** Moostier.
Bildet oft dicke, filzartige Überzüge von knolliger und lappiger Form an Brückenpfeilern, Pfählen und Steinen. Kann Rohrleitungen verstopfen. Die ungeschlechtlich entstehenden Statoblasten (mit Schwimmring) im Plankton. — β m —

Mollusca.

48. **Limnaea stagnalis.** Schlammschnecke.
Frißt besonders Wasserpflanzen und weidet ihren Algenbesatz ab.
— o —

49. **Limnaea** (Gulnaria) **auricularia.** Ohrschnecke.
Lebt mesosaprob. Ist ziemlich widerstandsfähig. — β m —

50. **Planorbis corneus.** Posthornschnecke.
Häufig in Sümpfen. — o bis β m —

51. **Paludina vivipara** (= *Vivipara vera*). Sumpfschnecke.
Gehäuse gebändert, durch einen Deckel verschließbar. Lebt gern auf nährstoffreichem Schlamm. Kann Abwasserpilze fressen.
— β m bis α m —

52. **Bythinia tentaculata.**
Höhe der Schale 10 mm. Häufig im Schlamm der Flüsse usw. Verwandt mit *Paludina*. Junge Exemplare in der Planktonkammer beobachten! — β m bis α m —

53. **Valvata piscinalis.** piscina = Fischteich.
Höhe der Schale 6—8,5 mm. Lebt auf schlammigem Grunde.
— β m —

54. **Sphaerium (Cyclas) corneum.** Kugelmuschel.
Lebt im Schlamm, besonders an nährstoffreichen Stellen.
— meist α m —

— **Anodonta mutabilis.** Teichmuschel. (Nicht abgebildet.)
Länge ca. 11 cm. Verträgt auch sauerstoffarmen, schwefeleisenhaltigen Schlamm. Strudelt das Wasser durch das Innere der Schalen. Schloßrand mit schmaler Leiste, ohne Zahn (im Gegensatz zu *Unio pictorum*, der ebenfalls häufigen Malermuschel). — o bis β m —

55. **Dreissensia polymorpha.** Wandermuschel, Dreikantmuschel oder Schafklaumuschel.

Lebt meist gruppenweise auf Holz, Schilfstengeln, Steinen usw. Larven beweglich, planktonisch. Sehr bezeichnend für die gute Beschaffenheit eines Wassers. — o —

Crustacea.

56. **Asellus aquaticus.** Wasserassel.

Kann in der α-mesosaproben Zone zu üppiger Entwicklung kommen. Frißt vorwiegend Detritus und Pflanzenreste. Skelettiert verrottete Blätter. Lebt meist auf Schlamm und zwischen Kraut. Gut in der Planktonkammer zu beobachten. Dient Fischen zur Nahrung.

— α m bis β m —

57. **Gammarus pulex.** Flohkrebs.

In natürlicher Größe abgebildet. Rücken ohne Dornen. Lebt besonders in sauerstoffreichen Gewässern.

G. fluviatilis, am Rücken mit Dornen, ist widerstandsfähiger als *G. pulex*.

Der Flohkrebs läßt sich sehr gut in der kleinen Planktonkammer beobachten, wo er in dem engen Raum mit der Lupe in allen Teilen leicht übersehbar bleibt.

Der verwandte Strandfloh, *Orchestia littorea*, der im Nord- und Ostseegebiet verbreitet ist, lebt gern zwischen ausgeworfenem Tang und nährt sich zum Teil von diesem. — o —

58. **Cyclops leuckarti.** Wasserfloh, Hüpferling.

Mit anderen Spezies häufig und weit verbreitet. Gefräßig; verzehrt Organismen und Detritus. Ziemlich widerstandsfähig. — β m —

59. **Nauplius.** Krebschenlarve. Meist Larve von *Cyclops*.

Sehr häufig in der planktonischen Region. Ziemlich widerstandsfähig. — meist β m bis α m —

— **Canthocamptus staphylinus.** (Nicht abgebildet.)

Krebschen von ca. 1 mm Länge. Meist umherlaufend, nicht schwimmend. Lebt besonders in der Uferregion; häufig auch in den Sandschichten mancher Trinkwasserfilter, durch diese sich hindurcharbeitend. — meist β m —

60. **Diaptomus graciloides.** Schnurrbartkrebschen.

Ausgezeichnet durch lange Fühler. In großen Sätzen umherschwimmend. Mit Lupen sehr gut erkennbar. Im Plankton (in Kammer beobachten!).

D. gracilis in Gebirgsseen. In Meeren *Calanus*. — o —

61. **Cypris fusca.** Muschelkrebschen.

Länge ca. 1,5 mm. Lebt auf Schlamm und in den Uferregionen; sehr häufig. — o bis β m —

62. **Daphnia pulex.** Der gemeine Wasserfloh.

Liefert die bekannte Fischnahrung. In Dorfteichen, Tümpeln usw. oft in solchen Schwärmen, daß er das Wasser rötlich färbt. In Planktonkammer beobachten! — α m bis β m —

Bringt man Wasserflöhe in ein Gefäß, das durch Bakterien getrübtes Wasser enthält (d. h. pro 1 ccm weit mehr als 1 Million), so machen diese das Wasser bis zum nächsten Tage klar.

Massenkulturen von Daphnien gewinnt man durch Zusatz von frischem Kuh- oder Taubenmist; vgl. z. B. v. Depp (1).

63. **Hyalodaphnia cucullata.** Helm-Wasserfloh.

Vorwiegend in Seen. Euplanktonisch. Variiert mit der Jahreszeit: ist mit *Daphnia pulex* durch Übergänge verbunden. — o —

64. **Bosmina longirostris.** Rüsselkrebschen.

Häufig im Plankton. Variabel. Vgl. Brauer (1). Frißt Algen, Detritus u. a. (In der Planktonkammer beobachten!) — o bis β m —

65. **Bosmina coregoni.** Buckelkrebschen.

Euplanktonisch in Seen. Während *B. longirostris* mehr Uferform ist, bevorzugt *B. coregoni* das freie Wasser großer Seen. Beide Spezies können sich ähneln, doch sind die extremen Formen von *B. coregoni* leicht kenntlich; vgl. auch die Arbeiten von Rühe. — o —

66. **Chydorus sphaericus.**

In der Uferregion und auf Schlamm, aber auch pelagisch; vgl. O. Plümecke (1). — β m —

67. **Leptodora hyalina** (= L. kindtii). Glaskrebs.

Größtes Süßwasserkrebschen (bis 1 cm lang). Kann durch seine kräftigen Schwimmbewegungen leicht dem Fang durch das Planktonnetz entgehen; man verwendet deshalb Netze aus Kongreßstoff (z. B. die Dretsche). Das Tier ist so zart, daß man es in den Fängen zunächst nur an einer gewissen rhythmischen Bewegung der Wasserpartien in seiner Nähe erkennt. Sehr räuberisch. — o —

Hydrachnidae.

68. **Hydrachna globosa.** Rote Wassermilbe.

Planktonisch in der Uferregion meist stehender Gewässer. Erscheint wie eine blutrote Kugel, bis 5 mm groß. — β m —

Tardigrada.

69. **Macrobiotus macronyx.** Wasserbärchen oder Bärtierchen.
Bis 1 mm lang. Zwischen Algen und anderen Wasserpflanzen.
— β m —

Thysanura.

70. **Podura aquatica.** Wasser-Springschwanz.
Schwarzblau, ca. 1 mm lang. Auf stehendem Wasser.
— meist β m —

Orthoptera.

71. **Perla bicaudata.** Larve der After-Frühlingsfliege.
Räuberisch. — o —

72. **Cloë diptera.** Vertreter der Eintagsfliege.
Larve mit kräftigen Mundwerkzeugen und mit flimmernden Kiemenblättchen. An Wasserpflanzen und unter Steinen, schwimmen aber auch sehr behende. — o bis β m —

73. **Agrion puella.** Räuberische Larve der Wasserjungfer. — o —

Neuroptera.

74. **Phryganea grandis.** Sprock. Larve der Köcherfliege.
Links Gehäuse aus Sand, rechts aus Pflanzenresten (Schilf, Erle, *Chara* usw.), die längs und quer liegen können. — o —

75. **Hydropsyche.** Larven in der Uferregion.
In manchen Flüssen häufig, z. B. im Mittellauf der Elbe.
— β m —

76. **Sialis lutaria.** lutum = Schmutz. Larve der Wasserflorfliege.
Sehr widerstandsfähig. — meist α m —

Hemiptera.

77. **Notonecta glauca.** Rückenschwimmer.
Mordlustiger Fleischfresser; sticht empfindlich. Greift auch Fischbrut an. Kann umherfliegen. — meist o —

78. **Corixa striata.** Ruderwanze.
Fleischfresser, fliegt auch umher. — o —

— **Nepa cinerea.** Skorpion-Wasserwanze.
Ergreift andere Insekten und saugt sie aus. — o —

— **Hydrometra lacustris.** Wasserläufer.
Auf der Wasseroberfläche. Nährt sich von anderen Insekten.
— o —

Diptera, Fliegen, Mücken.

79. **Eristalis tenax.** Rattenschwanzlarve.
Larven der sogenannten „Schlammbiene“. Leben in schmutzigem Wasser. Führen ihre teleskopartig ausziehbaren Atemröhren an die Oberfläche des Wassers empor. — p bis α m —

80. **Stratiomys chamaeleon.** Larve der Waffenfliege.
Meist im Schlamm von Gräben und Tümpeln. — α m —

81. **Simulium ornatum.** Larve der Kriebelmücke.
Festsitzend nur in fließendem Wasser. Strudelt sich als Nahrung Kieselalgen, Detritus u. a. herbei. Die Mücken stechen Menschen und Tiere empfindlich (sie sind verwandt mit der Columbaczer Mücke). — β m bis α m —

82. **Chironomus plumosus.**
Die kirschroten Larven dieser Zuckmücke sind besonders in stinkigem, sauerstoffreiem oder -armem Schlamm häufig. Können Flocken von *Sphaerotilus* in ihren Röhrenbau verweben. Kleinere, gelbliche Larven finden sich in reineren Gewässern. Gattung sehr artenreich. *Chironomus* (= *Tendipes*)-Larven bilden eine gute Fischnahrung. Bewahrt man sie in Gläsern auf, entwickeln sich die Mücken oft schon nach kurzer Zeit. Sehr eingehende Studien über *Chironomus* (*Tendipes*) verdanken wir A. Thienemann. — p bis m —

83. **Ceratopogon communis.** Larve der Bartmücke.
In der Uferregion der Gewässer. — β m —

84. **Corethra plumicornis.** Larve der Büschelmücke.
Mit zwei Luftsäckchen zur Erhaltung der Horizontallage. Sehr gefräßig. Widerstandsfähig. — o, aber widerstandsfähig —

85. **Culex pipiens.** Larve und Puppe der Stechmücke.
Die Larven leben von pflanzlichen Stoffen. Larven und Puppen werden durch Fische vertilgt. — meist β m —

Coleoptera, Käfer.

86. **Dyticus marginalis.** Gelbrand.
Larven und Käfer sehr räuberisch; saugen ihre Beute aus. — o bis β m —

87. **Acilius sulcatus** und Verwandte. Räuberische Larve eines Schwimmkäfers.
Der zugehörige Käfer ist 15—16 mm lang. ½ nat. Größe. Saugt Mollusken, Insekten, junge Fische und Amphibien aus. — o —

Pisces, Fische.

88. **Alburnus lucidus.** Uekelei.
Junges Fischchen (Brut) in nat. Größe. Frißt, wie Fischbrut überhaupt, mit Vorliebe Plankton. — meist β m —

Amphibia.

89. **Rana esculenta.** Kaulquappe des Wasserfrosches.
Weidet mit Vorliebe Algen- und Detritusbesätze ab.
— meist β m —

90. **Triton taeniatus.** Kleiner Wassermolch.
Die Larven leben in der Uferregion. — o —

* * *

Zur Kenntnis des Planktons.

Abb. s. Taf. VII—XI.

1. Plankton, d. h. nach V. Hensen (1887) die Gesamtheit der im freien Wasser willenlos umhertreibenden Schwebewesen, wird genauer definiert als:

   Die natürliche Lebensgemeinschaft derjenigen Organismen, welche im Wasser, bei Strömung willenlos treibend, freilebend normale Existenzbedingungen haben.

   Algen, Protozoen, Rädertiere und Kleinkrebschen bilden die Hauptbestandteile des Planktons; Quallen und Fischbrut einerseits, Bakterien andererseits rechnen, streng genommen, ebenfalls dazu*).

   Benthos (d. h. Grund, Tiefe) umfaßt die festsitzenden oder kriechenden Ufer- und Grundorganismen.

2. Plankton wird qualitativ und quantitativ erbeutet mit feinen Netzen (s. später), Sieben, dichten Filtern und durch Schöpfen von Wasserproben (direktes Beobachten, Sedimentieren, Zentrifugieren). Grundsätzlich gilt die Regel: Kleine Formen werden geschöpft, große abgesiebt.

Zur Beurteilung der Fangmethoden.

Methode	Vorteil	Nachteil
Netz	ergiebig, wenig zeitraubend	Verluste
Sieb	haltbar, sterilisierbar, faserfrei	,,
Fließpapier	wenig Verlust	zeitraubend
Feinsand	,,	,,
Kohlefilter	,,	,,
Berkefeldfilter	fast kein Verlust	,,
Zentrifuge	Gewinnung von Kleinplankton	bisweilen kleine Verluste
Sedimentation nach Konservieren	meist wenig Verlust	abtöten, zeitraubend
Sedimentation des lebenden Materials	Gewinnung auch von Kleinplankton	nur teilweise Sedimentation
Plankton(Schöpf)kammer	kein Verlust	kleine Wassermenge

*) Als Gegenstück zu Plankton bezeichnet R. H. Francé (1) die Gesamtheit der im Boden lebenden Kleinorganismen als Edaphon (edaphisch nach F. Schimper = den Boden betreffend). planktos = in die Irre getrieben, umherschweifend.

Aus vorstehender Übersicht ergibt sich, daß es eine Einheitsmethode, welche allen Anforderungen gerecht wird, nicht gibt und daß deshalb, wenn es sich um die Gewinnung des Gesamtplanktons handelt, verschiedene Methoden kombiniert werden müssen.

Das in größerer Menge eingesammelte Material kann folgendermaßen behandelt werden:

Lebend	Konserviert	Gefärbt
a) sogleich untersucht	a) durch 0,5—1,0 ccm käuflichen Formalins (fast allgemein angewendet)	a) durch Hämatoxylin (für feinere Kernstudien)
b) nach ca. 24 Std. untersucht (Sammelflasche kühl halten, z. B. bei 10° C)	b) durch Alkohol	b) durch Nigrosin (rohe Färbungen)
c) Lebendfärbung durch Methylenblau, Lebendfärbung durch Chresylviolett	c) durch die üblichen Fixierungsmittel (z. B. Pikrin-Essigsäure)	c) durch mehrere Farbstoffe (Doppelfärbung usw.)
d) stark bewegliche in Quittenschleim gebracht		

3. Das Studium des Planktons wird dadurch sehr erleichtert, daß man das Material mühelos erbeuten und für viele Studien, ohne zu schneiden oder zu präparieren, direkt betrachten kann, oft zweckmäßig zunächst mit guten Lupen, dann mit dem Mikroskop.
4. Die Bedeutung der planktonischen Algen liegt vor allem darin, daß sie die Urnahrung in den Meeren ausmachen. Auch im Süßwasser spielen sie als Nahrung eine Rolle, außerdem als Faktor der Selbstreinigung und bei Beurteilung der chemischen Beschaffenheit der Gewässer.
5. Die moderne Planktologie hat gezeigt, daß in methodischer, physiologischer und ökologischer*) Hinsicht nahe Beziehungen zwischen Planktonkunde und Bakteriologie bestehen (Methoden, Reinkultur, Verbreitung).

Tabelle zur Veranschaulichung der ökologisch-physiologischen Beziehungen zwischen Planktonalgen- und Bakterienentwicklung in der freien Natur.

	Polysaprobien **)	Mesosaprobien	Oligosaprobien
Organische Nahrung	obligatorisch	meist obligatorisch	fakultativ
Chlorophyllfunktion	fakultativ?	obligatorisch	obligatorisch
Beisp. von Organismen	Euglena viridis	Stephanodiscus hantzschianus	Asterionella formosa
Davon Zellen pro ccm	bei Wasserblüte über 100 000	bis 58 000	bis 6000
Bakterien pro ccm	ca. 1 000 000	meist <100 000	meist <500

*) Ökologie = Lehre vom Genossenschafts- und Wirtschaftsleben.
**) Vgl. Kap. Ökologie

Kein Kubikzentimeter normalen Oberflächenwassers kann frei sein von Kleinplankton, da ein kleiner Planktonorganismus (10 μ^3) in 1 ccm ebensoviel Platz hat wie ein mittelgroßer Fisch (1 dm^3) in einem See von 1 Million Kubikmeter Inhalt:

$$\frac{10\ \mu^3}{1\ \text{ccm}} = \frac{1\ \text{dm}^3}{1\,000\,000\ \text{cbm}}$$

Auch der Staub der Luft wird pro 1 ccm gemessen; vgl. Kähler (1).

6. Die Schwebefähigkeit der Planktonten wird gewährleistet durch geringes spezifisches Gewicht, Erhöhung der Reibung gegen das Wasser und durch aktive Bewegungen, also durch:

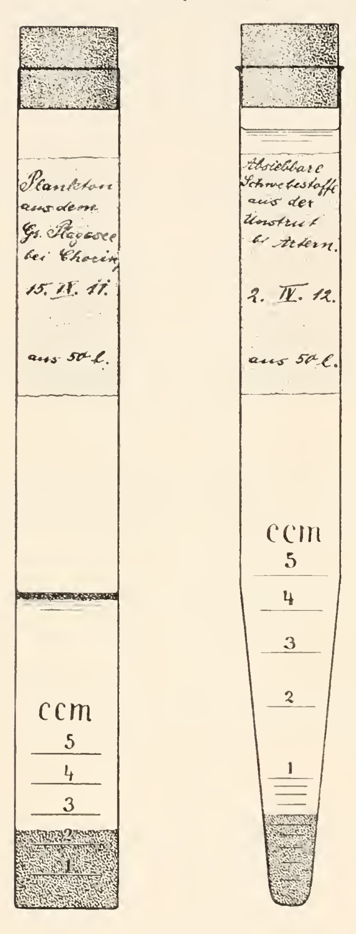


Abb. 83. Planktonröhrchen in nat. Größe. (Schreibflächen matt geätzt.) Links: auf dem Wasser *Botryococcus*, am Boden vorwiegend *Crustaceen*, wenig Detritus. Im ganzen 2,8 ccm; mit Planktonnetz erbeutet. Konserviert. Rechts: Vorwiegend Detritus, mehr vereinzelt Kieselalgen und Kleinkrebschen. 0,6 ccm. Die Befunde lassen sich bequem auf Millimeterpapier eintragen, bezogen auf Röhrchen von 16 mm lichtem Durchmesser. (Original.)

Öl und Fett,	Kleinheit*),	Zilien,
Gallert,	Borsten,	Geißeln,
Luftvakuolen,	Bandform,	Ruderfüße.

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{Viskosität}}.$$

*) Das Volumen eines Körpers nimmt ab nach der dritten Potenz (Kubus), die Oberfläche nach der zweiten Potenz (Fläche).

Gallerthüllen weist man besonders leicht dadurch nach, daß man die Zellen in eine dünne Lage von chinesischer Tusche unter das Deckglas bringt.

7. In nährstoffarmen Gewässern, z. B. in klaren Seen, ist das Plankton der Menge nach viel weniger reichlich entwickelt (manchmal mit Ausnahme der Zeit der Frühlingsumwälzung der Wassermassen) als in nährstoffreichen Tümpeln und langsam fließenden Flüssen. Schnellfließende, kurze Gebirgswässer sind planktonarm, da es zur Entwicklung von Schwebewesen an Zeit fehlt (24 Stunden genügen bei fließendem Wasser nicht). Vgl. auch Abb. 83.

Einen Anhalt für die Beurteilung der erbeuteten Plankton- bzw. abgesiebten Sēstonmengen gibt die beigefügte Abbildung, in welcher das Material (nach dem Konservieren) bis zur Konstanz des Volumens abgesetzt dargestellt ist.

Trinkwasser ist gut geschönt (geklärt), wenn es pro 1 cbm weniger als 1 ccm Abgesiebtes*) (Sēston) enthält; vgl. Bruns, Kolkwitz, Schreiber (1). Abwasser ist mechanisch gut geklärt, wenn es pro 1 cbm möglichst unter 100 ccm (pro 50 l unter 5 ccm) Abgesiebtes (nicht durch Stehenlassen der Gesamtwassermenge Abgesetztes) enthält.

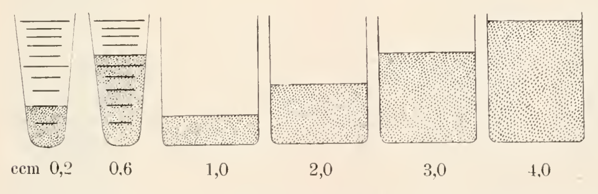


Abb. 84. Netz- oder Siebplankton bzw. -Seston aus 50 l Oberflächenwasser; am Grunde von mit Wasser gefüllten Normalplanktongläsern abgesetzt. 1 cm Höhe = 2 ccm Inhalt. Nat. Größe. (Original.)

pro 50 l	also pro 1 cbm	Bezeichnung (für Seen, Flüsse usw.)
0,2 ccm	4 ccm	sehr wenig Plankton oder Seston
0,6 „	12 „	wenig Plankton oder Seston
1,0 „	20 „	nicht viel Plankton oder Seston
2,0 „	40 „	mäßig viel Plankton oder Seston
3,0 „	60 „	ziemlich viel Plankton oder Seston
4,0 „	80 „	viel Plankton oder Seston

Auch bei schnell strömenden Flüssen, welche mehr Schlick als Organismen führen, liegt die Menge des Abgesiebten meist unter 4,0 ccm pro 50 l Wasser.

*) Abgesiebt werden im vorliegenden Falle hauptsächlich diejenigen Partikel, welche größer sind als $\frac{1}{15}$ mm, d. h. im Minimum mit bloßem Auge einzeln noch gerade wahrgenommen werden können.

Das Verhältnis beträgt im ersten Falle $\frac{1}{1\,000\,000}$, im zweiten $\frac{1}{10\,000}$.

Tabelle zur Veranschaulichung der Beziehungen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren.

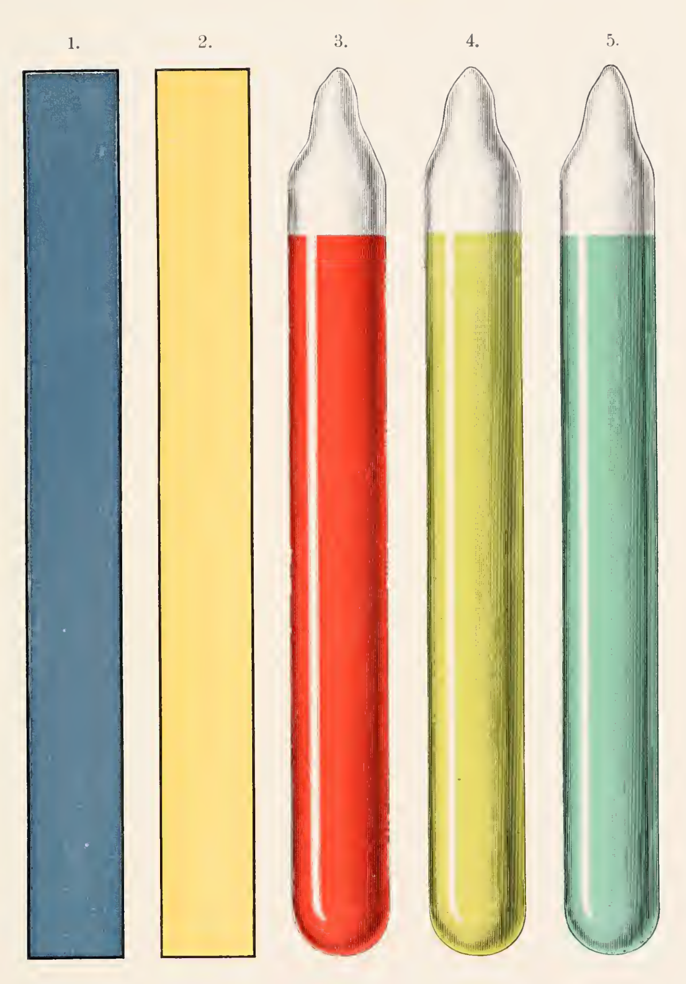
	Maximale Sichttiefe	Farbe im durchfallenden Licht	Kaliumpermanganatverbrauch pro 1 l	Planktonmenge pro 1 cbm
Genfer See	21 m	blau	1—3 mg	ca. 1 ccm
Barmer Talsperre	9,5 m	grün	ca. 6—7 mg	Jahresdurchschnitt ca. 4,0 ccm
Tegeler See	3 m	gelb	25—40 mg	bei Wasserblüte über 100 ccm

8. Im Winter kann Plankton auch unter dem Eis gesammelt werden, in der Regel aber in geringerer Menge und in einförmigerer Zusammensetzung als im Sommer. In nährstoffreichen Teichen kann aber auch im Winter ein reicher Gehalt an Plankton vorhanden sein. Überhaupt scheint der chemische Einfluß der Ernährung weit häufiger eine ausschlaggebende Rolle zu spielen als der physikalische Faktor der Temperatur.
9. Seen mit blauer Eigenfarbe des Wassers (reines H_2O ist in dicker Schicht im durchfallenden Licht blau; s. Taf. IX) und blaue Meere sind im Vergleich zu solchen mit grüner oder gelber Eigenfarbe (blaues H_2O + gelbe Huminstoffe + farblose begleitende Nährstoffe) planktonarm. Vgl. auch Kolkwitz (5).

Streng wissenschaftliche Vergleiche der verschiedenen Gewässer untereinander, z. B. zwischen tropischen und arktischen Meeren, sind zurzeit nur unvollkommen durchgeführt, da vergleichende Werte fast nur für abgesiebtes, nicht auch für geschöpftes Plankton vorliegen. Und gerade das geschöpfte Kleinplankton kann für die Beurteilung des Chemismus der Gewässer, der Meere sowohl wie des Süßwassers, besonders wichtig sein.

Vergleichende Untersuchungen über die biologische Produktionskraft der verschiedenen Meere sind auch dadurch schwierig, daß man nicht sicher weiß, ob die Planktonten sich ständig rasch vermehren und fortwährend auch absterben und zu Boden sinken, doch ist wahrscheinlich, daß allein schon die größere oder geringere Menge des Kleinplanktons auch ein direkter Ausdruck für die größere oder geringere Produktionskraft ist.

Wasserströmungen können aus der Tiefe Nährstoffe in die oberen Schichten führen und dadurch die Entwicklung der Planktonorganismen beeinflussen. Vgl. dazu Nathanson.



Wasser- und Planktonfarben.

1. Genfer See. 3. Euglena sanguinea.
2. Tegeler See. 4. Eudorina elegans.
5. Aphanizomenon flos aquae.

Die mit Plankton gefüllten Röhrchen sind in natürlicher Größe wiedergegeben.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



10. Die Zusammensetzung des Planktons ist meist derart, daß man von einem Mischplankton sprechen kann. Überwiegen einzelne Komponenten, und zwar so stark, daß sie in ihrer Mengenentfaltung für das bloße Auge sichtbar*) werden (vgl. die Farbentafel), so spricht man von Wasserblüten. Es gibt Wasserblüten in allen Farben des Spektrums. Bekannte Beispiele sind

Polycystis aeruginosa,	*Euglena viridis*,
Aphanizomenon flos aquae,	*Euglena sanguinea*,
Rivularia echinulata,	*Lamprocystis roseo-persicina*.

Ziemlich häufig beobachtet man, daß Organismen, denen man im Plankton in der Regel vereinzelt begegnet, an Stellen mit für sie günstigen Ernährungsbedingungen Wasserblüte bilden.

Die blaugrünen Wasserblüten im besonderen können neben der Durchsetzung der oberen Wasserschichten wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes auch eine Art Sahne an der Oberfläche bilden, welche wie grüne Ölfarbe erscheint.

11. Die Hauptentwicklung des Planktons findet im Süßwasser in den oberen 10—40 m statt, im Meere bis zu einigen 100 m Tiefe. Maßgebend für diese Verteilung ist hauptsächlich das Licht, welches auch für die mit zunehmender Tiefe verbundene Abnahme der Ufervegetation bestimmend ist.

12. Über die Verteilung und Anpassung der größeren planktonischen Tiere (inkl. Nekton) in den verschiedenen Tiefen der Hochsee gibt die folgende Tabelle eine Übersicht.

Tiefe	Organismen
0—150 m	1. Salpen, Quallen, Fische usw. 2. meist hyalin-durchsichtig oder blaugefärbt 3. Jugendformen, auch der Tiefseetiere
150—500 m	1. Krebse, Tintenfische, Fische usw. 2. meist grau oder silberfarbig 3. Leuchtorgane, große Augen
unter 500 m (Tiefsee)	1. Krebse, Medusen, Tintenfische, Fische usw. 2. schwarz oder rot 3. Augen meist klein oder fehlend (blind) (nach J. Hjort)

Die tieferen Zonen erhalten mehr oder weniger veränderte Planktonnahrung aus den oberen.

*) Man kann Planktonproben in größeren Mengen mit 1—2 ccm käuflichen Formalins konservieren, in Gläschen einschmelzen, wie es die Farbentafel zeigt, und in Etuis aufbewahren.

13. Beispiele.

Mischplankton (nach Netzfängen) aus dem Kleinen Wannsee bei Berlin; 20. Juli 1913.

Lampropedia hyalina
Polycystis aeruginosa
Microcystis ichthyoblabe
,, stagnalis
Merismopedia glauca
Aphanizomenon flos aquae
Anabaena spiroides
Phacus longicauda
Melosira helvetica
,, binderiana
Cyclotella kuetzingiana
Stephanodiscus h. pusillus
Asterionella formosa
Synedra acus
Closterium acerosum
Staurastrum gracile
Pteromonas alata
Selenastrum bibraiannm
Scenedesmus quadricauda
,, opoliensis
,, obliquus
,, acuminatus
Pediastrum boryanum
,, duplex
,, ehrenbergii
Actinastrum hantzschii
Richteriella botryoides
Coelastrum microporum
Crucigenia rectangularis
Kirchneriella lunata
Brachionus pala
Anuraea cochlearis
,, aculeata.
Cyclops, Nauplius

Im ganzen 34 Spezies.

50—80 und mehr verschiedene Spezies in einer Probe sind verhältnismäßig selten zu konstatieren.

Ententeich bei Wendisch-Wilmersdorf.
Mitte Juli 1910.

Kammerplankton pro 1 ccm Wasser.

Chromatium okenii	ca. 2000
Thiospirillum sanguineum	ca. 600
Lamprocystis roseo-persicina, kleine Kolonien	ca. 700
Thiopedia rosea, Kolonien	ca. 400
Phacus caudata / Euglena acus var. rigida	ca. 1000

Das Wasser erschien in der Flasche rot wie dünner Kirschsaft.

Kreuzpfuhl bei Berlin.
18. März 1910.

pro 1 ccm

Chlamydomonas debaryana	ca. 300
Chlorella	ca. 1 000 000

Das Wasser erschien auch in der Planktonkammer grünlich getrübt.

Plankton des Nils bei den Pyramiden von Gizeh (bei Kairo). 5. Juli 1908.

Nach konservierten Proben, die mir Herr Prof. Bitter (Kairo) freundlichst gesandt hatte. Das Plankton war nicht durch Netze erbeutet, sondern durch Berkefeldfilter abfiltriert worden. Es konnte demnach nichts Konservierbares verloren gehen.

Organischer u. mineralischer Detritus	sehr reichlich
Aphanizomenon flos aquae	vereinzelt
Anabaena spiroides	
„ solitaria	
Melosira granulata	
Amphora ovalis	
Synedra delicatissima	
Gomphonema angustatum	
Surirella ovalis	
Coelastrum microporum	
Scenedesmus quadricauda	
Pediastrum simplex	

Dieses Beispiel zeigt, daß die bekannten Planktonorganismen weit über die Erde verbreitet sind.

Toma-See, Quellsee des Vorderrheins. 27. August 1911.

pro 1 ccm

Gesteinssplitterchen, sehr fein	Tausende
Chrysomonadinen	8
Gymnodinium	1
Kleine Protozoen	vereinzelt

Bodensee, zwischen Romanshorn und Friedrichshafen. 28. August 1911.

pro 1 ccm

Tonartige Körperchen, äußerst fein	Hunderte
Detrituspartikel, kleine	ca. 30
(Coccen)-Zoogloea	1
Cryptomonas	3
Uroglena volvox	0—1
Gymnodinium, Peridinium	4
Glenodinium	1
Ceratium hirundinella	1—2
Cyclotella-Zellen, in talerartiger Rolle	8
Schroederia setigera	1

Bildliche Darstellungen von Kammerplankton pro 1 ccm Wasser siehe bei E. Nitardy (1).

Rhein bei Koblenz. Oberhalb der Stadt bei der Eisenbahnbrücke. Linke Stromseite. 1. September 1911.

	pro 1 ccm
Sphaerotilus-Fäden	einzeln
Anabaena-Faden	1
Cryptomonas erosa	1
Flagellaten, klein	Dutzende
Gymnodinium	1
Chlamydomonas	1
Phacotus lenticularis	1
Lepocinclis ovum	1
Stephanodiscus	20
Nitzschia acicularis	6
„ communis	2
Synedra actinastroides, Kolonien zu 6 und 12 Zellen	2
Dictyosphaerium, Hariotina	10
Scenedesmus obtusus, „ caudatus, „ acutus Kolonien	6
Conferva (depauperata), Fäden	2
Anthophysa mit Kopf	1
Detritus, gröbere Partikel	Dutzende
„ feinere Partikel	einige 100

Nordsee an der Mündung des Rheins (zur Zeit der Flut). 5. September 1911.

	pro 1 ccm
Ceratium tripos	2
„ fusus	2
Peridinium divergens	1
Chaetoceras, lebend	8
„ Schalen	2
Rhizosolenia	2
Eucampia-Zellen	3
Coscinodiscus	2
Cyclotella-Schalen	2
Pleurosigma	1
Navicula	2—4
Tintinnopsis	1
Protozoen, klein	vereinzelt

Atlantischer Ozean (freies Meer).
pro 1 ccm

Coccolithophoridae . . . . 8—15

(nach H. Lohmann).

Christianiafjord.
pro 1 ccm

Coccolithophoridae 5000

(nach H. H. Gran).

Mittelländisches Meer bei Monaco. 22. März 1911.
pro 1 ccm in 100 m Tiefe:

Chrysomonadinen, nackt 25
Coccolithophoride 1
Mineralische und organische Detrituspartikel . . . . . Dutzende
Holzfaserreste 2
Eisenoxydhydratpartikel 1

(nach R. Kolkwitz).

14. Die Sauerstoffproduktion durch das assimilierende Plankton ist von wesentlicher Bedeutung für die Durchlüftung des Wassers. Es möge deshalb hier die Bestimmungsmethode für im Wasser gelösten Sauerstoff nach L. W. Winkler [vgl. auch H. Klut (1)] folgen (Abbildung der nötigen Meßinstrumente s. Taf. X unter Ökologie der Gewässer).

In biologischer Beziehung sind solche Bestimmungen besonders für die mesosaprobe Zone wichtig, da in dieser beachtenswerte Zunahme und Abnahme an Sauerstoff stattfinden kann. Ist der Gehalt an pflanzlichem, chlorophyllführenden Plankton in einem Gewässer nicht zu groß, so kann die durch die chemische Untersuchung ermittelte Sauerstoffzehrung und das Sauerstoffdefizit in bezug auf Sättigung einen Anhalt für die Menge der im Wasser vorhandenen organischen zersetzbaren Stoffe liefern. Die Bestimmung des Sauerstoffs im Wasser geschieht unter Benutzung folgender Umsetzungen:

$$\underset{\text{Manganchlorür}}{2\,MnCl_2} + \underset{\text{Natronlauge}}{4\,NaOH} = 4\,NaCl + \underset{\text{weißes Manganohydroxyd}}{2\,Mn(OH)_2}$$

$$\underset{\text{weißes Manganohydroxyd}}{2\,Mn(OH)_2} + \underset{\text{Sauerstoff}}{O} + H_2O = \underset{\text{braunes Manganihydroxyd}}{2\,Mn(OH)_3}$$

Die Menge des ausfallenden braunen Manganihydroxydes gibt den Maßstab für den Sauerstoffgehalt des Wassers. Die genaue Zahl wird durch Titration gegen $\frac{n}{100}$ Natriumthiosulfat unter Verwendung von Stärkelösung als Indikator bestimmt. Eine solche Sauerstoffbestimmung erfordert etwa 15 Minuten (ausschließlich 1 Stunde zum Absetzen des Niederschlages). Kann sie nicht sogleich an Ort und Stelle erfolgen,

so setzt man ein festes Stück Natronlauge von ca. 1 g Gewicht zu, wodurch die Probe gleichsam konserviert wird, und fügt später zur Bildung des Niederschlages nur noch Manganchlorür hinzu.

Sättigungsmenge des Sauerstoffs pro 1 l Wasser.
(Erhalten durch Schütteln mit Luft; nach L. W. Winkler.)

t	ccm	mg	t	ccm	mg
0° C	10,19	= 14,56	13° C	7,35	= 10,50
1° "	9,91	= 14,16	14° "	7,19	= 10,28
2° "	9,64	= 13,78	15° "	7,04	= 10,06
3° "	9,39	= 13,42	16° "	6,89	= 9,85
4° "	9,14	= 13,06	17° "	6,75	= 9,65
5° "	8,91	= 12,73	18° "	6,61	= 9,45
6° "	8,68	= 12,41	19° "	6,48	= 9,26
7° "	8,47	= 12,11	20° "	6,36	= 9,09
8° "	8,26	= 11,81	21° "	6,23	= 8,90
9° "	8,06	= 11,52	22° "	6,11	= 8,73
10° "	7,87	= 11,25	23° "	6,00	= 8,58
11° "	7,69	= 10,99	24° "	5,89	= 8,42
12° "	7,52	= 10,75	25° "	5,78	= 8,26

Die Volumina beziehen sich auf 760 mm Druck.

Auf gelegentlich von der Norm abweichende Schwankungen im Sauerstoffgehalt der Gewässer, welche nicht durch Organismentätigkeit bedingt werden, haben O. Krümmel (1), K. Dost (1) und Grosse-Bohle (1) hingewiesen.

15. Da es für Planktonstudien im Brackwasser und im Meere häufig von Bedeutung ist, die Menge der im Wasser vorhandenen Chloride festzustellen, folgen hier Angaben über die Methode. Näheres s. bei H. Klut (1).

Die Bestimmung der Chloride im Wasser geschieht unter Ermittelung der Chlorzahl, berechnet auf Milligramme pro 1 l, durch Titration gegen Silbernitratlösung.

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3.$$

Zur quantitativen Bestimmung dienen:

1. Titerlösung. Bei 4,7949 g $AgNO_3$, mit Wasser zu 1 l gelöst, entspricht 1 ccm Lösung = 1 mg Chlor.
2. Indikator; 1 ccm (nach Tillmanns besser als nur 3 Tropfen) einer neutralen 10%igen Kaliumchromatlösung; Umschlag von schwachgelb in leicht braunrötlich.
3. 100 ccm bei Süßwasserstudien, 10 ccm (höchstens) zu verwendenden Wassers bei Meeresuntersuchungen.

Beispiele für Cl-Zahlen. Vgl. auch H. Klut (1).

Spree bei Berlin	30—60	mg Cl pro 1 l
Oder bei Stettin	ca. 22	" " " 1 l
Elbe bei Altona	150—250	" " " 1 l

Ostsee bei Rügen	8—10	g NaCl	pro 1 l
Nordsee, Oberfläche . . .	35	g „	„ 1 l
Bodensee	0,4	mg Cl	„ 1 l
Leitungswasser Groß-Berlin ca.	22—48*)	„ „	„ 1 l

Ist nur Chlornatrium vorhanden, wird umgerechnet nach der Gleichung

$$\text{mg Cl} \times 1{,}65 = \text{mg NaCl}.$$

Schwankungen im Salzgehalt eines Wassers werden besonders leicht und schnell durch die elektrische Leitfähigkeit ermittelt, bestimmt durch die Pleißnersche Tauchelektrode [vgl. H. Klut (1)].

16. Die Härte des Wassers kann für das Vorkommen gewisser Planktonten, besonders auch mancher Ufer- und Grundformen, von Bedeutung sein. Es sei deshalb auf diesen Faktor näher hingewiesen.

Die Härte des Wassers wird durch die Gegenwart von Kalk- und Magnesiasalzen bedingt. Meereswasser ist sehr hart, da es einen ziemlich hohen Gehalt an Gips und vor allem an Magnesiumchlorid aufweist.

Die Bestimmung der Härte durch Schütteln mit Seifenlösung gibt weniger genaue Werte als die neuerdings von C. Blacher veröffentlichte Titriermethode unter Verwendung einer $^1/_{10}$ n-glyzerin-äthylalkoholischen Kaliumpalmitatlösung (in chemischen Fabriken käuflich). Näheres darüber s. u. a. bei H. Klut (2).

Härteskala.

1 deutscher Härtegrad	= 10 mg	CaO	in 1 l	Wasser
1 französischer Härtegrad	= 10 „	$CaCO_3$	„ 1 l	„
1 englischer Härtegrad	= 10 „	$CaCO_3$	„ 0,7 l	„

1,00 deutsch. Härtegrad	= 1,25 engl. Härtegrad	= 1,79 franz. Härtegrad
0,8 „ „	= **1,00** „ „	= 1,43 „ „
0,56 „ „	= 0,7 „ „	= **1,00** „ „

Die Magnesia wird auf den Kalkwert umgerechnet:

$$MgO : CaO = 40 : 56 = 1 : 1{,}4.$$

Deutsche Härtewerte.

0—4°	Gesamthärte	= sehr weich
4—8°	„	= weich
8—12°	„	= mittelhart
12—18°	„	= ziemlich hart
18—30°	„	= hart
über 30°	„	= sehr hart.

*) Etwa 180 mg Cl (ca. 300 mg NaCl) können unter Umständen schon durch den Geschmack wahrgenommen werden. Mehr soll ein gutes Kesselspeisewasser auch nicht enthalten.

Als Beispiele seien genannt:
Oder bei Stettin = 9—10° Härte,
Trinkwasser von Berlin = ca. 12° Härte.
Talsperre bei Remscheid = 1—4° Härte.

Literatur.

Fr. Blochmann (1).
B. Eyferth (1).
F. A. Forel (1).
O. Kirchner (1).
Kolkwitz, Reichle, Schmidtmann, Spitta, Thumm (1).
K. Lampert (1).
O. Lemmermann (1).
C. Mez (1)
W. Migula (1).
A. Pascher (1).
P. Regnard (1).
Ad. Steuer (1).
R. Volk (1).
Wesenberg-Lund (1).
Woltereck (1).
O. Zacharias (1 u. 2).

* * *

Ökologie der Gewässer.

Die Ökologie*) gibt uns einen vertieften Einblick in das Zusammenleben der Organismen in der freien Natur. Dieses Studium ist sehr reizvoll, aber wegen des Ineinandergreifens zahlreicher Faktoren ziemlich schwierig.

Die hier zu behandelnde Ökologie der Gewässer ist indessen immer noch einfacher und übersichtlicher als diejenige der Landorganismen, da das Medium Wasser verhältnismäßig einförmig ist. Dementsprechend haben viele Studien allgemeine Geltung, zumal zahlreiche Wasserorganismen Kosmopoliten sind.

Die Regionen der Gewässer.

Um den Zustand eines Gewässers zu charakterisieren, ist nach Möglichkeit die Berücksichtigung der drei Regionen des freien Wassers, des Ufers und des Grundes geboten. Um diese drei Regionen kurz charakterisieren zu können, sei auf die beistehende Abbildung verwiesen, welche den Querschnitt durch einen Teich, eine Flußbucht od. dgl. zur Darstellung bringt.

Die Planktonregion (das freie Wasser), welche hier von gröberer Flora und Fauna frei ist, dagegen zahlreiche Vertreter niederer Organismen, die ihrer Kleinheit wegen in diesem Übersichtsbild nicht wiedergegeben werden konnten, zu enthalten pflegt, ist an der rechten Seite zu erkennen. Auf der Oberfläche des Wassers sieht man eine durch Anhäufung entstandene schmale Schicht der wasserblütebildenden Spaltalge *Polycystis aeruginosa*.

*) Ökologie (Haus, Lehre) = Lehre vom Genossenschafts- und Wirtschaftsleben.

Die Uferregion zeigt auf vorstehendem Bilde sumpfige Partien mit *Carex vulgaris* und *Alisma plantago*, an den flachen Wasserstellen schwimmende Watten von *Spirogyra crassa*, *longata* u. a. m. Hierauf folgen das Schwadengras, *Glyceria aquatica*, und Schilf, *Phragmites communis*. Die Rohrsumpfgewächse mit ihren meist horizontal fortwachsenden Grundstöcken können im Verein mit anderen Pflanzen zur Verlandung beitragen und durch ihren dichten Wuchs den Wellenschlag des offenen Wassers am Ufer abschwächen. So werden für die hier schwimmenden Wasser-

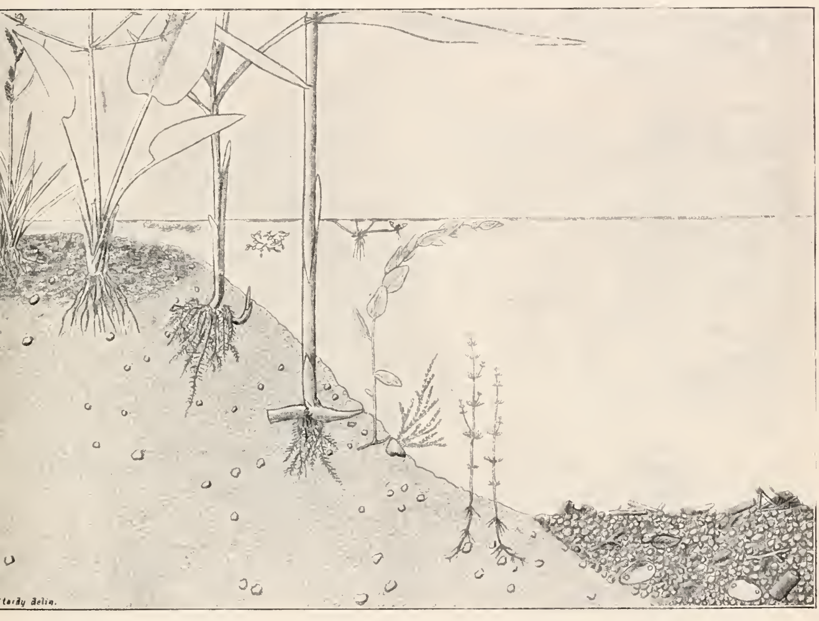


Abb. 85. Querschnitt durch die Randpartie eines Gewässers. $^1/_{10}$ nat. Größe. (Nach R. Kolkwitz.)

pflanzen, wie Wasserlinse, *Lemna trisulca*, und Froschbiß, *Hydrocharis morsus ranae*, günstige Lebensbedingungen geschaffen, ebenso für Schilfstengel bewohnende Algen und Tiere. Weiter in der Tiefe wurzeln dann Laichkräuter, wie *Potamogeton perfoliatus*, Teichrosen u. a. m.

Verfolgt man dann in dem Bilde die Vegetation weiter abwärts, so hören die höheren Gewächse auf und an ihrer Stelle finden sich Quellmoos, *Fontinalis antipyretica*, und Armleuchtergewächse, *Chara fragilis*, sowie andere mehr. Dazwischen und weiter abwärts können im organischen Filz des Hanges mikroskopisch kleine Algen, meist Diatomaceae, und dünne Häute bildende Spaltalgen, Schizophyceae, auftreten.

Die Grundregion endlich, auch Tiefen- und Schlammregion genannt, enthält, wie die Abbildung zeigt, zum größeren Teil Reste abgestorbener und abgesunkener Pflanzen und Tiere, an deren Zersetzung wieder ein sehr mannigfach gestaltetes Heer von lebenden Schlammorganismen beteiligt sein kann.

Zur Untersuchung der drei Regionen der Gewässer sind eine Reihe von Instrumenten erforderlich, deren Besprechung und bildliche Wiedergabe hier eingeschaltet sein möge. Die Reihenfolge ist so gewählt, daß mit dem Instrumentarium der Planktonregion begonnen wird, und daß dann die für die Untersuchung der Ufer- und Grundregion nötigen Instrumente folgen.

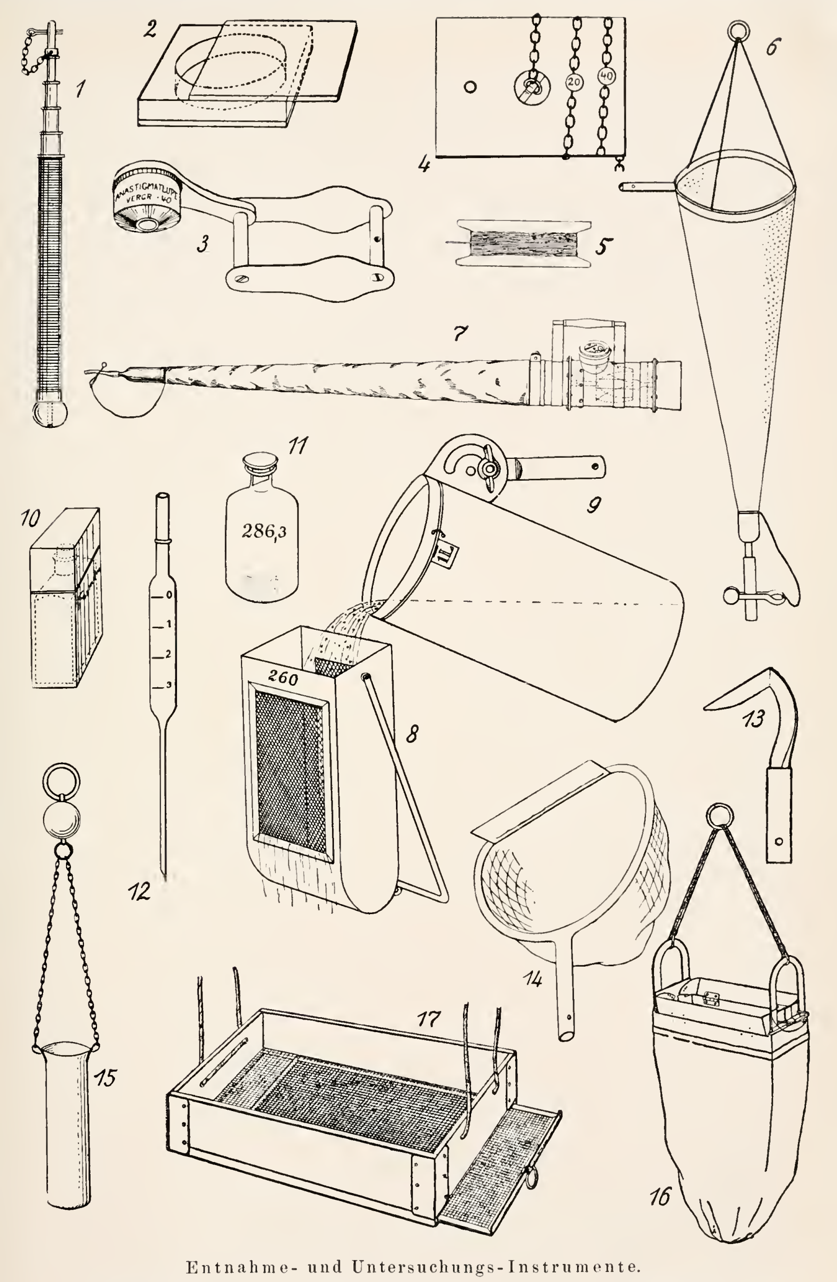
Planktonnetz.

Netze von Riesendimensionen werden für quantitative biologische Meeresuntersuchungen, kleinere für das Studium der Süßwässer angewendet. Der Stoff der Netze besteht aus Seidenstoff (meist Müllergaze Nr. 20 oder 25). Die Maschenweiten betragen ca. $^1/_{15}-^1/_{20}$ mm. Die einzelnen Maschen können mit bloßem Auge gerade noch wahrgenommen werden, viele Planktonten aber nicht mehr. Mithin kann man mit Netzen nur einen Teil des Planktons (d. h. des Umherschwebenden) erbeuten. Bei größeren Gewässern durchfischt man die Planktonregion am besten vom Boot aus, wobei das Netz an einer Schnur oder am Ausziehstock befestigt wird. Tiefenfänge werden mittels Schließnetz oder Planktonpumpe ausgeführt. Der Netzbecherrückstand wird in ein Planktonglas gefüllt und im Bedarfsfalle mit ½—1 ccm Formalin konserviert. F. Romijn hat ein Planktonnetz konstruiert, welches in der oberen Hälfte grobmaschig, in der unteren feinmaschig ist. Dadurch entgehen größere Organismen weniger leicht dem Fange. Man vergleiche auch das Kapitel Plankton.

Planktonsieb.

Ähnlich dem Planktonnetz dient das Planktonsieb zum Abfangen von Planktonorganismen und ihren Beimengungen. Bei einem Kupfersieb Nr. 260 enthalten die an gegenüberliegenden Seiten aufgelöteten Siebflächen à 50 qcm im ganzen eine Million Maschen à $^1/_{15}$ mm Seitenlänge, fast doppelt so viel als die gleiche Fläche Netzseide enthält. Man kann auch Siebe mit nur einer filtrierenden Fläche mit Vorteil verwenden. Die Siebe lassen sich mit mehrprozentiger heißer Sodalösung und Salzsäure reinigen und durch Alkohol oder Hitze sterilisieren. Abgesiebtes bzw. Absiebbares, gleichgültig welcher Natur, kann als Sēston bezeichnet werden. Die Siebe finden in erster Linie für quantitative Fänge Verwendung, können aber auch für qualitative Fänge und zum Auswaschen von Algenwatten .u dgl. benutzt werden.

Der Bodensatz in den kleinen Sieben wird durch Umkippen in Planktongläser eingefüllt.



Entnahme- und Untersuchungs-Instrumente.

1. Ausziehstock 1/4.
2. Planktonkammer 1/1.
3. Planktonlupe 1/1.
4. Sichtscheibe 1/4.
5. Schnurbrett 1/10.
6. Planktonnetz 1/6.
7. Netz mit Wassermesser 1/14.
8. Planktonsieb 1/4.
9. Aluminiumbecher 1/4.
10. Formalinflasche 1/4.
11. Sauerstofflasche 1/5.
12. Sauerstoffpipette 1/4. (Original.)
13. Schilfmesser 1/3.
14. Pfahlkratzer 1/4.
15. Schlammheber 1/6.
16. Dretsche 1/9.
17. Sieb 1/8.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



Literbecher aus Aluminium.

Der Becher besitzt eine verstellbare Ansatzhülse für den Ausziehstock und einen konkaven Wulst als Aichungslinie (besonders bei bewegtem Wasser ist es im Freien schwer, ein Litermaß gestrichen voll zu schöpfen).

Mit dem Literbecher schöpft man Wasser bis zu etwa 1 m Tiefe und gießt es (meist am besten 50 l) durch ein Netz oder Sieb. Das Kupfersieb wird beim Transport in den Becher gesteckt.

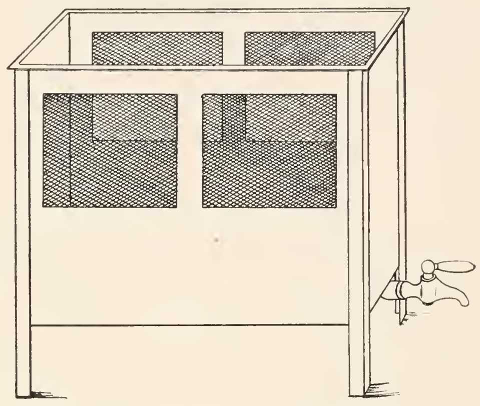


Abb. 86. Kupfersiebkasten. Dient zum Absieben großer Wassermengen. Die 4×100 qcm messenden Siebflächen bestehen aus Phosphorbronze Nr. 260. Jedes der vier Siebfenster enthält 1 Million Maschen. Der verbleibende Rest wird durch ein Planktonsieb weiter eingeengt. Linear $^1/_4$ nat. Gr. (Orig.)

Ausziehstock.

Der aus Messing gefertigte Stock ist teleskopartig ausziehbar und zum Aufstecken einer Reihe von Instrumenten bestimmt. Das bequemste Format dieses Stockes ist ausgezogen 1,20 m, zusammengeschoben etwa 30 cm lang.

Planktongläser.

Die Planktongläser (s. Abbild. S. 180) besitzen im allgemeinen reagenzglas-ähnliche Form. Ihre Länge beträgt 14 (oder 28) cm, ihr lichter Durchmesser 16 mm. Dabei ist 1 cm Höhe = 2 ccm Inhalt. Sie dienen dazu, das abgesiebte, konservierte Setzvolumen aus möglichst 50 l (auch umgerechnet auf 1 cbm) Oberflächenwasser (bzw. Abwasser) oder aus möglichst 1 cbm Trinkwasser zu bestimmen. Vergl. S. 181.

Da sich das Absetzen in zylindrischen Gläsern am einwandfreisten vollzieht, wählt man konisch zugespitzte Gläser zweckmäßig nur zum Abmessen kleiner Volumina. Die Röhrchen sind von 1—5 ccm graduiert.

Für den Transport bestimmte Proben sollen fast bis zum Korken mit Wasser gefüllt sein.

Planktonkammer.

Die 1 ccm-Planktonkammer besteht aus einer flachen Glasküvette von 22 mm Durchmesser und 2,63 mm Höhe mit planparallel geschliffenen Scheiben. Die Deckscheibe kann mit Teilstrichen versehen sein, um das Auszählen der umgekehrt gelegten Kammer zu erleichtern. Sie ist in eine

Messinghülse eingepaßt, an der ein Stift oder Bügel das Hinausgleiten verhindert. Siehe auch Taf. I.

Die automatische Entnahme eines Kubikzentimeters Wasser geschieht durch einfaches Untertauchen (samt Hülse, ohne den Stift herauszuziehen) bei genügend weit zurückgeschobener Deckscheibe. Diese hält nach der Füllung durch Adhäsion von selbst fest und schließt so dicht ab, daß sich das Wasser wochenlang darin hält.

Die Kammer wird auf ihren Inhalt im durchfallenden Licht (unter Wahl eines geeigneten Hintergrundes oder Hinterhalten eines Fingers) zunächst mit guten Steinheil- oder Anastigmatlupen von ca. 14facher Vergrößerung (zur Orientierung), 25facher (zum teilweisen Bestimmen) oder 40facher (als Mikroskop) durchmustert und dann bei stärkerer Vergrößerung unter das Mikroskop gelegt. [Vergr. 100—250fach (eventuell Apochromate und Kompensationsokulare!)]. Hat die Kammer etwa 10 Minuten lang horizontal gelegen, so sinken die meisten Organismen allmählich auf die Bodenscheibe ab; bewegliche kann man in Wärmestarre versetzen. Manche Spaltalgen, deren spezifisches Gewicht kleiner ist als das des Wassers, sammeln sich unter der Deckscheibe an. Einen gewissen Grad von Dunkelfeldbeleuchtung kann man schon auf einfache Weise dadurch erzeugen, daß man den Finger über die Mitte des Spiegels legt.

Bei solchen Planktonfängen beobachtet man die Organismen und ihre Beimengungen unter den natürlichsten Verhältnissen gleichsam in einem Mikroaquarium. Will man das Kleinplankton (Nannoplankton Lohmanns) konzentrieren, so wird es aus den Wasserproben auszentrifugiert. Bei sehr großem Reichtum an Kleinplankton kann man zum Zählen auch eine $^1/_{20}$ ccm-Kammer (Tropfenkammer) benutzen.

Das Reinigen der Planktonkammer geschieht mechanisch am einfachsten durch ein zugespitztes Streichholz.

Für das quantitative Studium größerer Organismen (z. B. *Gloeotrichia* und *Daphnia*) kann eine 20 ccm-Planktonkammer verwendet werden, wofern nicht Netzfänge besser sind.

Beide, die kleine und die große Kammer, werden zweckmäßig auch zum Beobachten konzentrierten Planktons (Eingießen, ohne Pipette), ferner von Moosen, Insekten und dergleichen im durchfallenden, manchmal auch auffallenden Licht benutzt [vgl. H. Bethge (1)], und zwar unter Verwendung von Lupen, Projektionsapparaten oder des Mikroskops (Grobschraube!). Die Bilder werden nicht verzerrt, da man durch planparallele Scheiben sieht, vertragen also gut starke Lupenvergrößerung. Man kann sie leicht ständig bei sich führen, so daß man stets ein Sammel- und ein Beobachtungsgläschen zur Hand hat.

Zur Entnahme von Wasserproben von Brücken und hochbordigen Dampfern (auch während der Fahrt) kann man mit bestem Erfolg ein Fläschchen von 25—30 ccm Inhalt mit weitem Hals und Korkstopfen be-

nutzen. Die Halteschnur (von 3 m Länge und etwa 1 mm Durchmesser) wird beim Transport um den Hals der Flasche gewickelt.

Um Wasserproben zu planktologischen Untersuchungen aus großer Tiefe zu entnehmen, bediene man sich der in der Bakteriologie üblichen Abschlagapparate, der R. Volkschen Planktonpumpe oder des bei Meeresuntersuchungen angewendeten Richardschen Wasserschöpfers. Stehen bei Übungen nicht genügend viele Kammern zur Verfügung, so kann man auch große, ausgehöhlte Objektträger für Beobachtung bei schwacher oder mittlerer Vergrößerung verwenden (Format etwa 42×74 cm, Durchmesser der ausgeschliffenen Höhlung etwa 32 mm).

Weiße Sichtscheibe.

Für marine Untersuchungen wurden Scheiben von 1—3 m Durchmesser und Beschwerungsgewicht benutzt, für solche im Süßwasser sind erheblich kleinere, meist aus Porzellan gefertigte, im Gebrauch. Schon Scheiben von 9×12 cm Größe (mit Messingkette und Teilmarken in 20 cm Abstand) können gute Dienste leisten. Die eckige Form wählt man deshalb, um die Aufhängekette besser herumwickeln zu können. Bei Untersuchung in strömendem Wasser steckt man die Spitze des Ausziehstockes durch das seitliche Loch der Scheibe, um deren Seitwärtstreiben zu verhindern.

Das Instrument dient zur Bestimmung der Farbe des Wassers im durchfallenden Licht und zur Ermittelung der Sichttiefe, d. h. derjenigen Entfernung unter der Wasseroberfläche, bei welcher die Scheibe für das Auge verschwindet.

Die Sichttiefe kann von den folgenden Faktoren abhängen:

1. gelöste Farbstoffe,
2. Planktonorganismen,
3. feine unbelebte Trübungskörper,
4. gröbere unbelebte Trübungskörper.

Beispiele für Sichttiefen s. S. 182.

Pfahlkratzer.

Rahmen und Schneide dieses wichtigen Instrumentes bestehen aus Messing, der Beutel aus Kongreßstoff. Er dient zum Abkratzen bewachsener Pfähle, von Bohlenwerk und Steinen, kann aber auch mit bestem Erfolg zum Einsammeln von Schlamm, Krautmassen, Algenwatten, Kleinkrustern und Fischbrut sowie zum Aussieben von Schlamm verwendet werden. Für manche Untersuchungen ist ein größerer und fester gebauter Pfahlkratzer zu empfehlen.

Schilfmesser.

Dieses Instrument besteht in seinem Hauptteil aus einer kräftigen Stahlklinge und wird am Ausziehstock befestigt. Es kann mit bestem Erfolg dazu verwendet werden, Schilf-, Rohrkolben-, Seerosenstengel usw., deren Besatz an Algen, Schwämmen u. a. m. eingesammelt werden soll,

tief unter Wasser mit einem kurzen Ruck abzuschneiden. Das so gewonnene Material wird oft zweckmäßig ohne Zugabe von Wasser transportiert.

Schlammheber.

Der etwa 250 cm fassende Metallbecher wird an eine feste Schnur geknüpft und zur Entnahme von Grundproben (meist der oberen Schichten) eine Strecke weit über den Boden hingezogen.

Scharrnetz (Dretsche) und Sieb.

Die viereckige Klappdretsche dient zur Entnahme größerer Grundproben. Wegen ihrer Schwere (2,6 kg) greift sie auch tieferliegende Schlammpartien und liefert deshalb einwandfreiere Proben als der Schlammheber. Die Gleitbügel halten das Scharrnetz während des Ziehens in der richtigen Lage und garantieren so eine große Greifsicherheit.

Das erbeutete Material kann teils direkt untersucht, teils auf geeigneten Schlammsieben ausgewaschen werden.

Näheres über Fangmethoden siehe auch bei Heymons, Kolkwitz, Lindau, P. Magnus und Ulbrich (1).

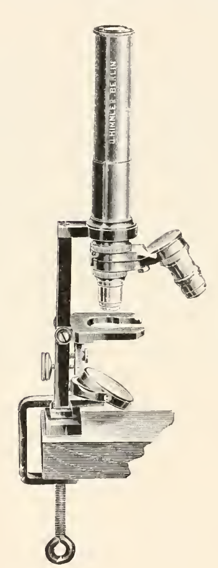


Abb. 87. Exkursionsmikroskop. Das Instrument besteht aus Aluminiumnickellegierung (Fuß, Säule, Tisch). Die Optik ist die normale. *Pleurosigma angulatum* wird aufgelöst. ca. $^1/_3$ nat. Gr.

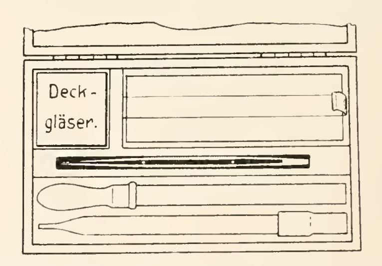


Abb. 88. Exkursionsbesteck. Mit Objektträgern, Deckgläschen, Pinzette und Pipette. ca. $^1/_2$ lin. nat. Gr. Orig.

Exkursionsmikroskop.

Auf Reisen verwende ich seit 15 Jahren mit bestem Erfolg ein, einschließlich Verpackung nur 600 g wiegendes Exkursionsmikroskop mit 100- und 400facher Vergrößerung, an dem bisher keine Reparatur nötig war.

* *
*

Kehren wir zu dem am Anfang dieses Kapitels besprochenen Vegetationsbilde zurück, so werden wir ihm an seinen Organismen sogleich ansehen,

daß es sich um einen relativ stationär gewordenen Zustand handelt, in dem die Organismenbestände ihr Bild innerhalb gewisser Zeiträume nicht wesentlich ändern werden.

Ganz anders werden sich die Verhältnisse gestalten, wenn einer der wichtigsten Faktoren, die Ernährung, eine wesentliche und durchgreifende Änderung erfährt, z. B. durch nachhaltige organische Düngung (Experimentalökologie). Ist diese stark, z. B. durch Abwässer, so kann sich eine Fäulniszone mit Überwiegen von Fäulnisorganismen und ihnen nahestehenden Lebewesen bilden (Polysaprobien).

Eine solche Zone ist immer nur im Gleichgewicht, solange die Nahrung zufließt. Hört die Zufuhr der organischen Nährstoffe auf, so beginnen die Fäulnisbewohner zurückzutreten und den früheren normalen Beständen wieder Platz zu machen. Schließlich tritt ein neues biologisches Gleichgewicht ein, letzten Endes der Art, wie es vorher war.

Man nennt diesen wichtigen Prozeß die biologische Selbstreinigung, chemisch gesprochen die Mineralisation, weil Eiweißsubstanzen zu Kohlensäure, Ammoniak usw. abgebaut werden; man vgl. auch M. Marsson (1).

In diesem Prozeß lassen sich in ausgeprägten Fällen drei wichtige Phasen unterscheiden:

1. die Phase der überwiegenden Reduktion,
2. die Phase der Überwindung der Reduktion und des lebhaften Einsetzens der Oxydation,
3. die Phase der (möglichen) Vollendung der Oxydation.

Der Vorgang kann auch sogleich mit der zweiten Phase einsetzen.

Diese Prozesse und einige ihrer Begleiterscheinungen seien an dem beigefügten Schema auf Taf. XI erörert. Die Erläuterungen zu den verschiedenfarbigen Feldern sind dem Bilde beigefügt. Die drei Zonen stellen Querschnitte dar durch drei aufeinanderfolgende Teiche, welche durch Gräben verbunden sind, oder drei aufeinanderfolgende, dann durch Übergänge verbundene Flußstrecken.

I. Zone der Reduktionen (chemisch definiert),
Zone der Polysaprobien*) (biologisch definiert),
Zone der Düngung (Abwässer) (praktisch definiert).
p = polysaprob.

In dieser Zone finden ausschließlich oder vorwiegend Fäulnisprozesse durch Reduktionen und Spaltungen statt. Zersetzt werden hauptsächlich Eiweißstoffe, Polypeptide und ihre höheren Abbauprodukte**). An der Oberfläche, welche in dem Schema nach oben gekehrt ist, findet man oft reichliche Besätze von Abwasserorganismen, am Grunde dunklen Schlick und schwarzes Schwefeleisen (FeS) und endlich im Wasser (in der Mitte)

*) poly = viel, sapros = Zersetzung, bios = Leben.

**) *Beggiatoa* ist auf H_2S (hier Produkt der Fäulnis) angewiesen.

zahlreiche Bakterien, unter Umständen mehr als eine Million pro 1 ccm Wasser. Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist Null oder sehr niedrig. Sedimentation findet meist reichlich statt.

Beispiele von Vertretern dieser Zone sind im Vorstehenden genannt in

Bacterium vulgare, *Polytoma uvella*,
Bacillus subtilis, *Colpidium colpoda*,
Chromatium okenii, *Zoogloea ramigera*.

Chlorophyllführende Organismen treten in der Regel zurück. *Sphaerotilus* leitet schon zu Zone II über.

II. Zone der einsetzenden Oxydation (chemisch definiert),
Zone der Mesosaprobien (biologisch definiert),
Zone des Übergangs.

m = mesosaprob

Mit dieser Zone beginnen lebhaftere Oxydationsprozesse, vorwiegend biologischer Natur, infolge reichlichen Auftretens chlorophyllführender Belüfter, aber auch rein chemische Oxydationen, z. B. Überführung von schwarzem Schwefeleisen in gelbbraunes Eisenoxydhydrat, wie es in der Schlammregion angedeutet ist. Die Mesosaprobien vollführen den eigentlichen spezifischen Prozeß der Selbstreinigung, die Bio-Oxydation im Gegensatz zur Bio-Reduktion, der Fäulnis. Die Bio-Oxydation bewirkt weitgehende Entfaulung ohne starkes Auftreten stinkiger Gerüche, ähnlich der Bodenwirkung und der Wirkung von Oxydationskörpern, also Mineralisation unter Ausschaltung der Fäulnis. Vergl. Abb. 48.

Erst jahrelange Studien dieses schwierigen, noch jetzt nicht in allen Einzelheiten zergliederten Problems haben die wissenschaftliche Ausdeutung dieser Vorgänge gebracht. Über die geschichtliche Entwicklung in der Erforschung des Problems vergleiche man meine Ausführungen in Lafar (1).

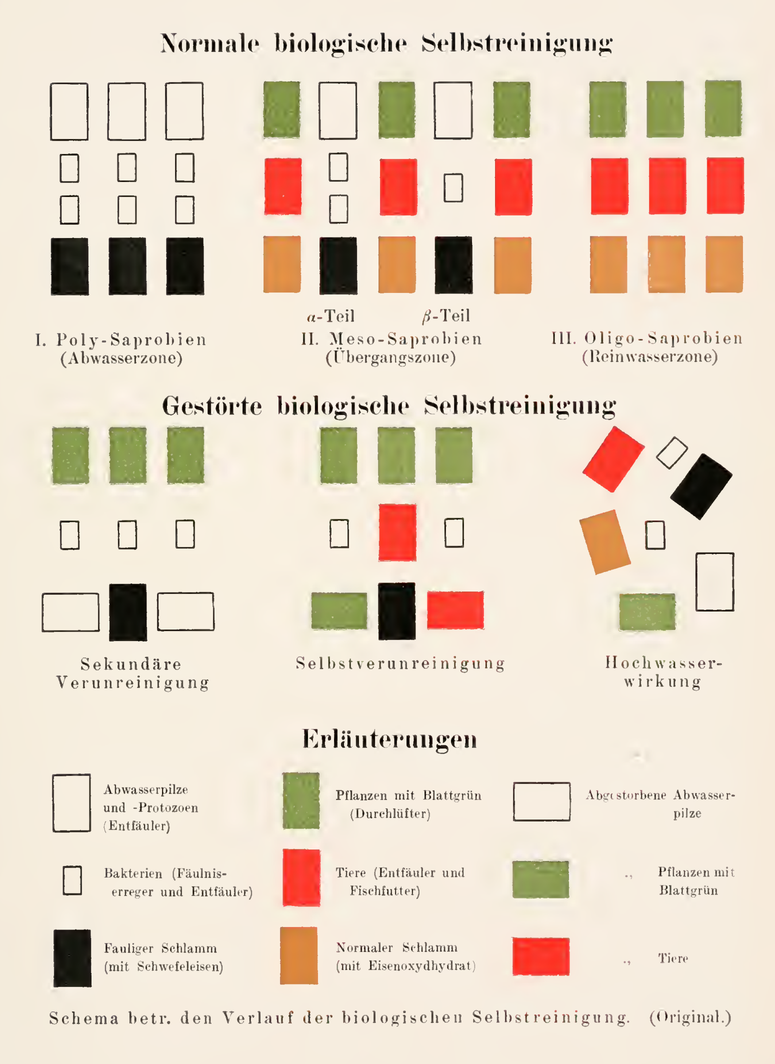
Die Zone der Mesosaprobien, in welcher die Mineralisation bis zu einer mittleren Stufe fortgeschritten ist, zeigt dadurch eine deutliche Asymmetrie, daß der in der Figur nach links gelegene Teil (α) naturgemäß stärkere Zersetzungen aufweist als der nach der Reinwasserzone gekehrte β-Teil.

α-mesosaprob = α m ist im allgemeinen vorwiegend die Zone der beim Abbau hochmolekularer Verbindungen entstehenden Aminosäuren u. a. m.

β-mesosaprob = β m ist im allgemeinen die darauffolgende Zone der (einen weiteren Abbau bedeutenden) Ammoniakverbindungen der Fettsäuren usw.

In der Abbildung ist die Asymmetrie durch die Abnahme der Bakterienzahl angedeutet.

Sind auch noch Anklänge an die p-Zone geblieben, so sieht man auf einen Blick die veränderte Sachlage. Das lebenspendende Atmungsgas Sauerstoff hat das Auftreten eines reichen Lebens an Tieren (niederen und höheren) ermöglicht, die wegen ihrer Freßtätigkeit ein wichtiger Faktor der Reinigung sind, teils durch Verdauung, teils durch Inkarnation des Gefressenen. Im α-Teil können Fische leben, aber in warmen, dunklen Nächten



Schema betr. den Verlauf der biologischen Selbstreinigung. (Original.)

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



kann durch Sauerstoffmangel Atemnot eintreten. Angesammelte Drainwässer von Rieselfeldern pflegen mesosaproben Charakter zu tragen. Sie sind reich an Fischnahrung.

Die Uferbesätze, welche im p- und α m-Teil mehr zottiger und schleimiger Natur sein können, pflegen vom β m-Teil an mehr erdig-filzigen Überzügen Platz zu machen.

Im Laboratorium kann man die p-, α m- und β m-Wässer angenähert nachahmen:

p-Wasser ist z. B. Wasser mit mehr oder weniger stark wahrnehmbarer Fäulnis (Blumenvasenwasser usw.),

α m-Wasser ist Wasser, das mit Heu, etwas zersetzten Algenwatten usw. einige Zeit gestanden hat.

β m-Wasser ist z. B. solches, welches in dünner Schicht über normalem Schlamm steht.

Alle diese Wässer reinigen sich bei längerem Stehen selbst, wenn nicht von neuem sekundäre Zersetzungsherde entstehen.

Als Vertreter seien beispielsweise genannt:

Oscillatoria limosa,
Cryptomonas erosa,
Melosira varians,
Stephanodiscus hantzschianus,
Arcella vulgaris.
Vorticella campanula,
Brachionus pala,
Gammarus fluviatilis.

III. Zone der vollendeten Oxydation (Mineralisation) (chemisch definiert),
Zone der Oligosaprobien*) (biologisch definiert),
Zone des Reinwassers (praktisch definiert),
o = oligosaprob**).

Diese Zone wird durch das rechte Bild des Schemas dargestellt. Der Schlamm ist vollkommen oxydiert, die Bakterien sind stark zurückgetreten (wenn auch nicht verschwunden), normales Pflanzen- und Tierleben ist reichlich entwickelt. Alle stürmisch verlaufenden Zersetzungsprozesse haben im Wasser aufgehört, doch kann naturgemäß der Schlamm als Ablagestelle aller natürlichen Abfallprodukte stellenweise noch mesosaproben Charakter tragen. Anhäufungen von p-Organismen finden in der o-Zone keine Existenzbedingungen.

Den Organismen dieser Zone stehen vorwiegend mineralisierte Stickstoffverbindungen zur Verfügung.

Das Wasser dieser Zone ist meist klar und sauerstoffreich. Viele biologische Seenstudien fallen unter diesen Abschnitt. Über die Physik der Seen vergleiche man Forel (1), Penck (1) und Merz (1 und 2).

---

*) oligos = wenig.

**) Die Bezeichnungen p, α m, β m und o sind mehr für das ökologische als für das physiologische Verhalten geprägt.

Wir sind wieder bei dem Zustand angelangt, den unser Vegetationsbild zeigt und von dem wir ausgegangen sind.

Beispiele für diese Region siehe bei Kolkwitz und Marsson (1) und in den Listen.

Katharobien*) endlich, eine Bezeichnung in dem das Wort sapros fehlt, kann man die Organismen des ganz reinen Wassers nennen, doch ist

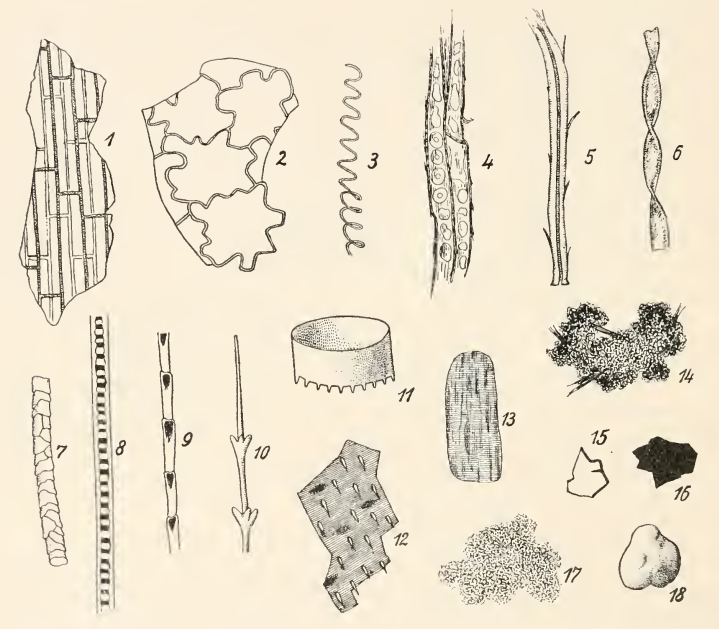


Abb. 89. Unbelebte Bestandtteile des Sestons bei mikroskopischer Betrachtung.

1. Stengel- oder Wurzelrest.
2. Blattrest.
3. Spiralfaser.
4. Holzfasern, zersetzt.
5. Hanffaser.
6. Baumwollfaser.
7. Wolllfaser.
8. Rattenhaar.
9. Vogelfederstrahl.
10. ,,
11. Leibesring (Insekt)
12. Chitinrest.
13. Fleischmuskelfaser.
14. organischer Detritus.
15. Gesteinssplitter.
16. Kohlepartikel.
17. Eisenoxydhydrat.
18. Sandkörnchen.

(Original.)

dabei zu bemerken, daß es diesen Organismen mehr auf kühle Temperatur oder hohen Sauerstoffgehalt des Mediums als auf Vermeidung organischer Substanzen anzukommen pflegt.

Auf die oberen Figuren des Schemas folgen noch einige Beispiele für gestörte biologische Selbstreinigung, nämlich:

*) katharos = rein.

1. Sekundäre Verunreinigung: durch Abreißen von Pilzfladen usw. und deren Absinken nach Passieren von Zonen, in denen die Stadien der Mineralisation schon durchschritten sind.

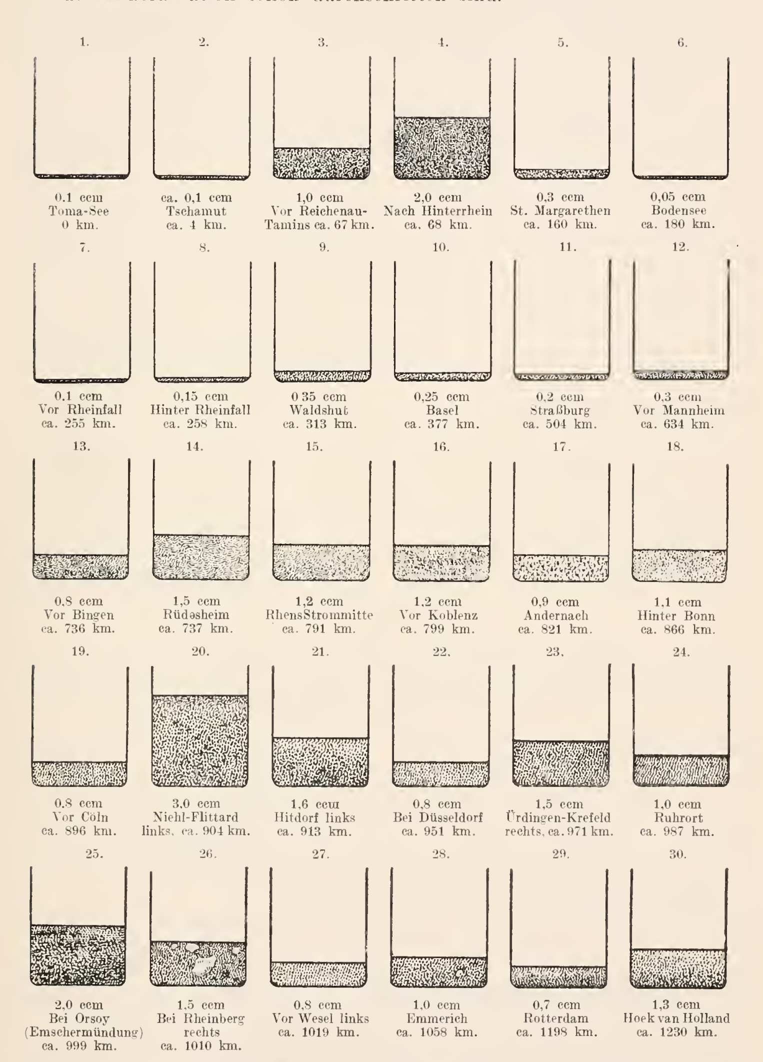


Abb. 90. Seston aus je 50 l Wasser, am Grunde von mit Wasser gefüllten Normalplanktongläsern abgesetzt (nicht zentrifugiert). 1 cm Höhe = 2 ccm Inhalt. Nat. Gr. [Nach Kolkwitz (4).]

2. Selbstverunreinigung: durch Absterben von Pflanzen im Herbst und durch Absinken von Tieren. (Massenhaft absinkendes Plankton z. B. kann zu ziemlich starken Zersetzungen im Schlamm führen). Die erstgenannte Verunreinigung pflegt stärker zu sein als die Selbstverunreinigung. Sehr bekannt sind die vom Meeresstrande durch ausgeworfenen Tang entstehenden Zersetzungen.

   Beide Prozesse kommen oft in Kombination vor.
3. Die Einwirkung von Hochwasser endlich pflegt die biologische Formationsgliederung zu stören und die Wucht mechanischer Faktoren zur Geltung zu bringen.

Die in der freien Natur als Abfall auftretenden organischen Stoffe unterliegen nicht allgemein so weit der Mineralisation, daß mit ihnen reiner Tisch gemacht würde. Wir sehen deshalb Schlammanhäufungen auftreten,

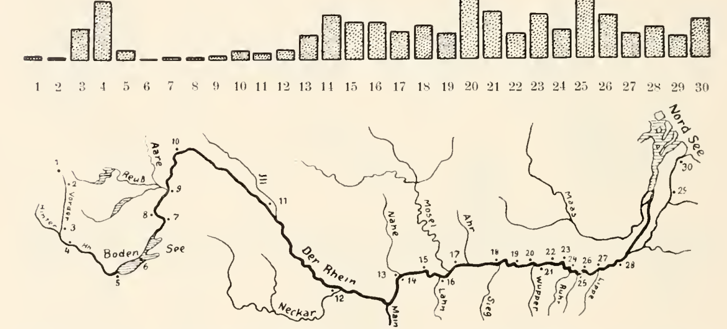


Abb. 91. Sestonkurve und Rheinlauf mit den Untersuchungsstellen; vgl. auch Abb. 90. Die eckigen Felder sind senkrechte Ausschnitte aus den in der vorhergehenden Abbildung dargestellten Bodensätzen (in derselben Größe wie dort). (Original.)

die zur Kohlenbildung [vgl. Potonié (1)] führen können, ferner Verlandungsprozesse sich abspielen und Torfmassen in Mooren entstehen.

In den Meeren und großen reinen Seen pflegen Sedimente (Radiolarien, Globigerinen, Diatomeen) von ihren organischen Substanzen ziemlich weitgehend befreit zu werden, da die relative Armut an Plankton in diesen Gewässern an die biologische Selbstreinigung keine sehr großen Anforderungen stellt.

* *
*

Neben den Organismen spielen im Haushalt eines Gewässers auch die unbelebten Bestandteile wie Detritus, Sandpartikel, Gesteinssplitter usw. (vgl. die Abbild. 89) eine Rolle. Ihr Einfluß ist besonders in den Mündungsgebieten von Flüssen auffällig. Die Menge und das Schicksal dieser Stoffe lassen sich im Verein mit den Organismen des Wassers besonders leicht in

schnellströmenden Flüssen ohne nennenswerte Sedimentation (außer in eingeschalteten Seen) quantitativ und qualitativ studieren.

Berücksichtigt man in der Hauptsache diejenigen Bestandteile, welche im Wasser durch gute Augen gerade noch einzeln wahrgenommen werden können [$> {}^1/_{15}$ mm], so kann man sie durch Netze oder Siebe schnell aus größeren Wassermengen (z. B. 50 l) absieben und in Gläsern bis zur Konstanz des Volumes sedimentieren lassen (vgl. S. 181).

Auf solche Weise Abgesiebtes (Sēston) ist auf den beigefügten Abbild. für den Rhein aus dem regenarmen Sommer 1911 dargestellt. Man erkennt leicht den Einfluß gesteinsführender Gebirgswässer, des Bodensees mit seiner Sedimentierwirkung, der Industrie- und Wohnzentren mit ihren Abfallstoffen und die Beseitigung dieser durch Verdünnung und biologische Selbstreinigung. Bei Wesel war die Sēstonmenge nicht wesentlich anders als bei Andernach; eine merkliche Addition findet also nicht statt. Im Mündungsgebiet mit seiner Stauwirkung durch die Flut des Meereswassers endlich findet neben der Sedimentation auch eine wesentliche Beeinflussung des Planktons statt. Näheres siehe bei R. Kolkwitz (4).

Ein reiner See ist ein Mikrokosmos, der sich selbst genügen würde, da Produkte und Bedürfnisse (besonders O_2 und CO_2) bei Pflanzen und Tieren entgegengesetzt sind. Ein dicht verschlossener größerer Glasbehälter bewahrt sein Leben jahrelang.

Die organisierte Materie geht von einem Wesen zum anderen und macht eine Reihe von Inkarnationen durch, ehe sie in die fundamentale Masse der toten Materie zurückkehrt; diese kann dann von neuem in den Kreislauf gezogen werden.

VI. Gruppe. Bryophyta (Muscineae) Moose.

Systematische Übersicht.

1. Hepaticae (Lebermoose),
   Marchantiales,
   Jungermanniales.
2. Musci (Laubmoose).
   Sphagnales,
   Bryales.

Die Moose wachsen im allgemeinen unter ziemlich ähnlichen Lebensbedingungen wie die Flechten. Man findet sie deshalb vielfach miteinander vergesellschaftet. Absterbende Moose findet man häufig von Flechten überwuchert. An besonders exponierten Stellen jedoch, wie z. B. auf den höchsten Alpenspitzen, in heißen Wüsten, an den Enden dünner Baumzweige usw. nehmen es die Moose im Wettstreit mit den Flechten meist nicht auf, da die Moose immer etwas Detritus (in Ritzen) nötig haben und nie auf ganz glattem Gestein wachsen. Doch dringen einige, z. B. *Grimmia alpestris* und *Andreaea nivalis* (kieselliebend), weit auf die Gipfel der Alpen in die Schnee-

region vor. Auf Strohdächern machen die Flechten den Moosen meist keine Konkurrenz, wohl weil das Substrat für die sehr langsam wachsenden Flechten zu wenig dauerhaft ist.

In den arktischen Gegenden ist die Moosvegetation verhältnismäßig einförmig; *Sphagnum* und *Rhacomitrium hypnoides* (= *Rh. lanuginosum*) sind hier bekannte Vertreter, besonders in den Tundren.

In den Tropen dagegen kommen die Moose nach Gattungen und Arten vielfach zu sehr üppiger Entwicklung, vor allem in nebeligen Bergwäldern. Auch bei uns sind feuchte Schluchten, Buchenwälder usw. ergiebige Fundstellen für Moose.

An gedüngten Stellen und in schlechter Stadtluft fehlen Flechten, nicht aber Moose, unter denen es ausgesprochene Saprophyten gibt, z. B. *Splachnum ampullaceum* auf Kuhmist in feuchten Waldmooren und die hochalpine *Voitia nivalis* auf Mist an Lagerstätten von Schaf- und Rinderherden. Die Sporen solcher Moose werden oft durch Schmeißfliegen verbreitet. Moose von so ausgesprochenem Saprophytismus, daß sie chlorophyllfrei würden, gibt es nicht.

Im Wasser treten die Flechten hinter den Moosen so vollkommen zurück, daß sie hier so gut wie als fehlend zu bezeichnen sind, während die Moose oft üppige Bestände bilden können. Sie fruchten aber nicht unter Wasser. Während indessen die Flechte *Lichina* im Meerwasser gedeiht, fehlen hier Moose vollständig.

Die Kultur der Moose auf Agarnährboden wird von P. Janzen (1 u. 2) geschildert. Man verwende z. B.:

Wasser, destilliert	1000 ccm
Kaliumnitrat	1,0 g
Magnesiumsulfat	0,5 g
Kalziumsulfat	0,5 g
Ferrophosphat	0,25 g
Kalziumphosphat	0,25 g
Agar	1,5 g

Die Keimung der Sporen erfordert, wenn die Aussaat in den ersten Monaten des Jahres vorgenommen wird, nach den bisherigen Wahrnehmungen 4 Tage bis etwa 4 Wochen. Als bestes Versuchsobjekt gilt z. Z. das sehr kleine, xerophytisch auf Mergel- und Lehmboden wachsende *Phascum curvicollum*.

Das Wachstum des Protonemas der Moose ist in der Regel sehr von der Wahl einer richtigen Beleuchtung für die Kulturplatten abhängig. Man vergleiche außerdem C. Servettaz (1).

Weitere Feststellungen, welche bei den Moosen wesentliche, hier in Betracht kommende Gesichtspunkte bieten, aber in den „Physiologien“ meist wenig berücksichtigt sind, mögen im folgenden bei den einzelnen als Typen herausgegriffenen, bekannten Vertretern besprochen werden.

* *
*

Marchantia*) polymorpha.

Von Linné nach N. Marchant († 1678), Gartendirektor des Herzogs Gaston v. Orléans in Blois, benannt.

Dieses diöcische hochorganisierte Moos (s. die Abbildungen) gedeiht am besten an feuchten Felsen, Mauern (Stein und Holz), an Quellen, an

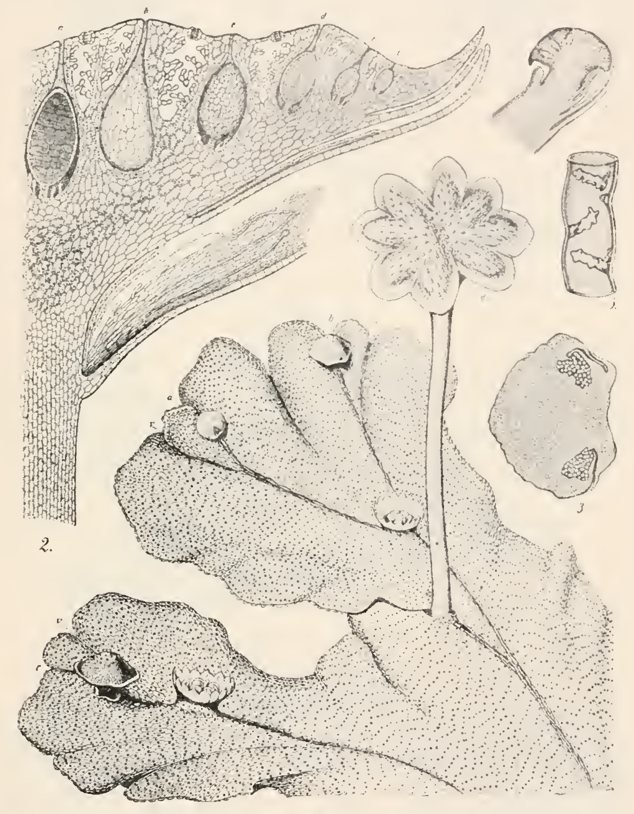


Abb. 92. *Marchantia polymorpha.* Männliche Pflanze, mit Brutkörbchen. (Nach L. Kny.) Teilfiguren stärker vergrößert.

Bächen, auf nassen Wiesen usw. Es scheint eine gewisse Vorliebe für nitrathaltige Standorte zu haben. Kultivieren läßt sich *Marchantia* auf lehmiger Rasenerde, welcher man Kuhdung und etwas Sand zusetzt. Die Gärtner können sich stellenweise vor dem Wuchern dieses Mooses kaum retten.

*) Marchantia findet sich in der Sammlung Brendelscher Modelle.

Die Geschlechtsreife tritt mehr im Frühling, die Sporenreife meist im Hochsommer ein. Die vegetative Vermehrung geschieht durch flache

Abb. 93. *Marchantia polymorpha.* Weibliche Pflanze. (Nach L. Kny.)

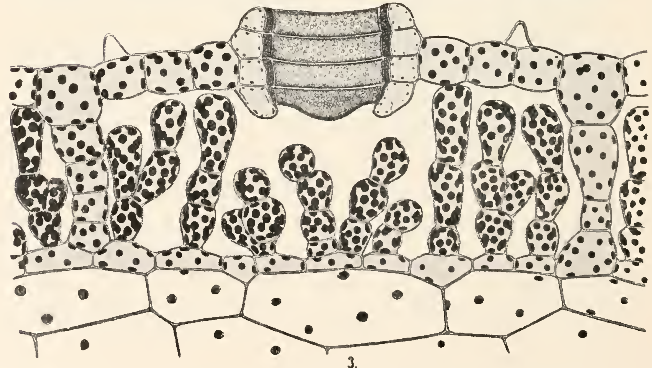


Abb. 94. *Marchantia polymorpha.* Längsschnitt durch eine Luftkammer des Thallus, mit Assimilationszellen und Atemöffnung. Mittelstark vergr. (Nach L. Kny.)

Brutkörper, welche ihre Rhizoiden aus besonders vorgebildeten Zellen an der dem Licht abgekehrten Seite entwickeln, was sich experimentell leicht zeigen läßt [vgl. L. Kny (1) und W. Pfeffer]. Das Assimilationsgewebe (s. die Abbild. 94) ist gut entwickelt. Das Innere eines jeden der kleinen Thallusfelder steht durch eine Öffnung mit der Atmosphäre in Verbindung.

Außer *Marchantia* gibt es bei uns noch zwei besonders stattliche Lebermoose:

Fegatella conica (Name von fegato = Leber) mit sehr deutlichen, bei Lupenbetrachtung fast warzenartigen Belüftungsporen auf den Thallusfeldern.

Preissia commutata (benannt nach Balthasar Preiß, 1765—1850, Regimentsarzt in Prag). Mehr im Gebirge lebend, mit klein und zart gefeldertem Thallus.

1. **Riccia fluitans.**

Von Micheli 1729 nach Pietro Francesco Ricci, Senator und Mitglied der botan. Ges. in Florenz, benannt.

Dieses an seiner regelmäßigen Gabelung leicht kenntliche Lebermoos lebt häufig im Wasser untergetaucht, meist zwischen Schilf und anderen Uferpflanzen, und ist bei solcher Lebensweise stets steril. Geschlechtsorgane und Rhizoiden werden nur von der etwas derberen Schlammform gebildet. Die Pflanze wird häufig in Aquarien gehalten.

R. natans schwimmt auf dem Wasser, andere Arten sind Landbewohner.

2. **Lophocolea** [früher *Jungermannia**)] **heterophylla.**

Name von lophos = Hahnenkamm und koleos = Scheide, wegen der gelappten und kammartig gezackten Kelchmündung; *heterophylla* wegen der ungleichen Gestalt der basalen und der näher der Spitze des Stengels stehenden Blätter.

Dieses zierliche Lebermoos wächst dem Substrat meist dicht angeschmiegt, mit besonderer Vorliebe auf morschen Baumstümpfen an Waldwegen. Man findet es fast immer mit Sporogonen, deren schwarze Kapseln auf weißen Seten stehen. Bei Kultur unter einer feuchten Glocke entwickeln sich die Fruktifikationsorgane besonders reichlich. Wie die Abbildung eines vergrößerten Zweiges zeigt, decken sich die Blätter dachziegelig. Die dritte Blattreihe, an der Unterseite, ist in der Zeichnung nicht sichtbar.

Lepidozia reptans (Name von lepis = Schuppe und ozos = Zweig) ist eines der zartesten und zierlichsten Lebermoose auf Waldboden,

---

*) Von Linné benannt nach Ludw. Jungermann (1572—1653), aus Leipzig, Professor der Botanik in Gießen. Die beblätterten Zweige der Jungermanniaceen erscheinen im Gegensatz zu denen der meisten Laubmoose in der Regel flach, gleichsam *Selaginella*-artig.

zersetzten Baumstümpfen usw. Es ist mit bloßem Auge kaum noch als echtes Moos zu erkennen.

Frullania dilatata (1820 benannt nach dem Geh. Staatsrat Leonardo Frullani in Florenz) lebt als Xerophyt an Rinden, besonders an Buchenstämmen. Die Farbe ist dunkelgrün oder braun. Die Oberblätter haben beutelförmige Lappen und werden bisweilen von Rädertieren bewohnt. Vergl. Kerner, Bd. I, S. 243.

— **Metzgeria furcata.**

Von Raddi 1820 nach dem ihm befreundeten Kupferstecher J. Metzger aus Staufen i. Br. benannt.

Dieses xerophytisch lebende Lebermoos erinnert in seiner Gestalt an *Riccia fluitans*. Es findet sich besonders an der Rinde von Buchen und Eichen.

3. **Sphagnum cymbifolium.** Torfmoos*).

Die Torfmoose, welche die Moore charakterisieren, zeichnen sich durch ihre Fähigkeit, besonders große Mengen von Wasser aufzusaugen, in bemerkenswerter Weise aus. Beim Ausdrücken üppig entwickelter Polster fließen überraschend große Wassermengen ab, welche kapillar durch die perforierten Wasserzellen der Stengel und Blätter festgehalten waren. Die Pflanze besitzt keine Rhizoiden. Die Torfbildung der *Sphagnen* beruht auf ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzung, wohl infolge ihres Gehaltes an Säure (Lackmuspapier!); vgl. Paul (1).

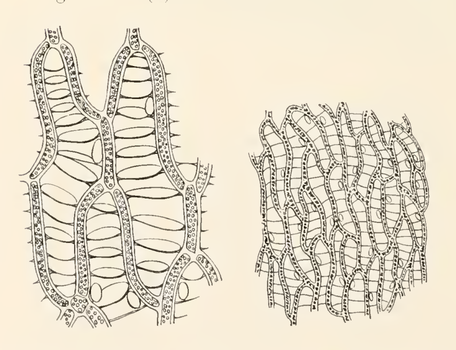


Abb. 95. *Sphagnum cymbifolium.* Wasserzellen und chlorophyllführende Zellen bei 120facher Vergr. nach H. Schenck. Desgl. bei 30facher (Lupen-)Vergr. nach H. Bethge. (Neuzeichnungen.)

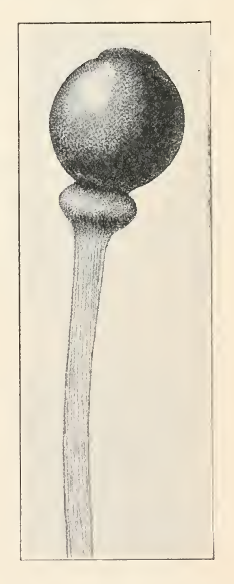


Abb. 96. *Sphagnum cymbifolium.* Kapsel in doppelter Vergr. (Original.)

*) Die Moosbezeichnung Sphagnos bei Plinius leitet sich wahrscheinlich von spongos (Schwamm) ab.

Die meisten Torfmoose verlangen weiches Wasser. Ihre Polster sind meist reich an Desmidiaceen, wie überhaupt Moosrasen vielfach von Kleinlebewesen bewohnt werden.

Bemerkenswert ist bei *Sphagnum* der Mechanismus beim Aufspringen der Sporenkapsel [vgl. Nawaschin (1)]. Wenn man Polster von *Sphagnum* mit gut entwickelten Sporangien (im Juli und August) aus dem Freien ins trockene Zimmer oder in die direkte Sonne bringt, wird man die Deckel von den Kapseln mit deutlichem, knipsenden Geräusch abfliegen hören und eine Sporenstaubwolke aus jeder Kapsel hervorpuffen sehen.

Nawaschin kommt mit Schimper zu der Ansicht, daß die infolge des Eintrocknens im Innern der Kapsel komprimierte Luft das Platzen bewirke, und die Sporen wie aus einem Tesching hervorschießen. Er hat ermittelt, daß die eingeschlossene Luft bis auf mindestens 3 Atmosphären komprimiert wird. Das Abspringen des Deckels wird noch dadurch erleichtert, daß dieser durch verdickte Parenchymzellen starr ist und deshalb der Kontraktion der übrigen Kapselteile nicht folgen kann.

— **Andreaea petrophila.**

(Nach dem Apotheker N. Andreae in Hannover.)

Vgl. Taf. XII. Abbild. 8 (links) und K. Osterwald (1).

4. **Dicranum scoparium.** Besenmoos.

Name von dikranos = zweiköpfig, zweizinkig, wegen der meist in zwei Schenkel gespaltenen Peristomzähne. scopae = Besen.

Die stattliche Pflanze wird 10—18 cm hoch; die Blätter sind meist sichelförmig nach einer Seite gebogen. Sie wächst in trockenen Kiefern- und Laubwäldern am Boden, oft bestandbildend.

D. maius wächst fast ausschließlich in Laubwäldern.

5. **Ceratodon purpureus.** Hornzahnmoos.

Name von keras = Horn und odus = Zahn; wegen der widderhornartigen Peristomzähne.

Die Blätter sind in charakteristischer Weise gekielt (wie ein Schiff). Die Seta ist meist rot, die Kapsel rötlichbraun. Im Frühling fallen die jungen, glänzend purpurroten Kapselstiele in den Rasen des Mooses oft besonders in die Augen. Die Pflanze ist variabel und dadurch im sterilen Zustand nicht immer leicht sicher zu erkennen. Sie ist allenthalben gemein und weit verbreitet (kosmopolitisch) auf Sandboden, Strohdächern, Mauern usw. und steigt bis hoch in die Gebirge auf. Sie findet ihr Gedeihen an ganz trockenen Standorten, aber auch auf feuchten Brettern, Floßhölzern und in Sümpfen.

Die Sporen frisch entdeckelter Kapseln werden nach Steinbrinck durch die (sich in ihren Bewegungen hemmenden und dann zurückschnellenden) Schenkel der Peristomzähne umhergeschleudert.

Die Abbildung stellt einen fruchtenden Rasen auf Erdboden und ein steriles Polster von einem Strohdach dar.

6. **Leucobryum glaucum.** Weißmoos.

Name von leucos = weiß und bryon = Moos.

Die Pflanze wächst in dichten, mehr oder weniger halbkugelig gewölbten, bis 15 cm hohen Rasen, welche oben bläulich grün, innen weißlich sind. Die sehr dicht gestellten Blätter haben Wasser- und Chlorophyllzellen, ähnlich *Sphagnum*, doch von etwas anderem Bau. Abbild. siehe bei Kerner, Bd. II, S. 208; vgl. auch C. Warnstorf (1). *Leucobryum* lebt am Boden von Nadelwäldern, Erlenbrüchen, Heiden usw. Seine Lebensweise kann oft als hemixerophytisch bezeichnet werden. Es scheint Kalkboden zu meiden.

— **Barbula unguiculata.** Bartmoos.

Name von barba = Bart, wegen der langen fadenförmigen, gewundenen Peristomäste.

Die Rippe der Blätter tritt als kurze Stachelspitze am Blattende aus, die Rasen sind gelbgrün.

Die Pflanze gedeiht besonders an Wegrändern und auf festgetretenen Gartenwegen (wie *Bryum argenteum* und *Ceratodon purpureus*), auch auf Tuffsteingrotten in Gärten.
Verwandt mit *Barbula* ist die Gattung *Tortula*. Von dieser wächst die sehr verbreitete *T. muralis* besonders auf alten Mauern, *T. ruralis* auf Sandfeldern und auf alten Strohdächern in Dörfern.

7. **Grimmia pulvinata.**

Name nach Dr. K. Grimm, Leibarzt in Gotha, † 1821.

Das Moos lebt echt xerophytisch weitverbreitet auf Steinen, Mauern usw., meist mit Kapselfrüchten förmlich übersät. Die Spezies von *Grimmia* finden sich auch auf erratischen Blöcken. Die Annahme, daß sich auf solchen Steinen bei uns Relikte aus der Eiszeit gehalten haben, erscheint unhaltbar. Es besitzt die Fähigkeit, stark auszutrocknen und beim Befeuchten wieder aufzuleben. In diesem Punkte verhalten sich die Moose graduell verschieden.

Die Peristomzähne von *Grimmia* verschließen, wie bei den meisten Moosen, bei Feuchtigkeit die Kapsel, während sie bei Trockenheit spreizen; Abb. s. bei Kerner, Bd. II, S. 568. Der Mechanismus steht im Dienste der Sporenverbreitung. Die hygroskopischen Bewegungen der Zähne an den Mooskapseln sollen hier aber nicht näher besprochen werden, da sie gegenüber den Bewegungen der Zähne an den Samenkapseln höherer Pflanzen (s. dort) nichts wesentlich Neues bieten.

8. **Rhacomitrium sudeticum.**

Name von rhacos = zerschlitzt und mitron = Mütze.

Die Pflanze wächst mit Vorliebe an kalkfreien Felsen. Neben ihr ist ein Rasen von *Andreaea* angesiedelt. Das Material stammt von der Schneekoppe im Riesengebirge.



Moose.
Erläuterungen siehe S. 205 u. ff.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



9. **Funaria hygrometrica.** Drehmoos.

Name von funis = Seil, wegen der seilartig gedrehten Fruchtstiele (Seten).

Das Moos lebt meist truppweise auf feuchtem Sand, an Waldplätzen (mit veraschtem Holz), auf porösem, steinigen Substrat usw. an belichteten Partien. Es fällt durch seine im unreifen Zustand saftgrünen, in der Reife rotbraunen Sporogone mit hygroskopischer, gedrehter Seta auf; bei massenhaftem Vorkommen bildet es teppichartige Überzüge von grüner bzw. rotbrauner Farbe. An trockeneren Standorten erreichen die Pflanzen (inklusive Sporogon) ca. 3 cm Höhe, an feuchteren bis 6 cm und mehr.

Die Blätter eignen sich zu Versuchen über den Einfluß des Lichtes auf die Lage der Chlorophyllkörner (vgl. auch Abb. 3) und zu Beobachtungen über die Teilung dieser Körner; vgl. Strasburger u. Koernicke (1), Abschn. IV.

Über die Kultur von *Funaria* s. P. Janzen (2).

— **Schistostega osmundacea.** Leuchtmoos.

Dieses bemerkenswerte Moos wächst mit Vorliebe in engen Felshöhlen der Sandsteingebirge (Fichtelgebirge, Sächsische Schweiz usw.)

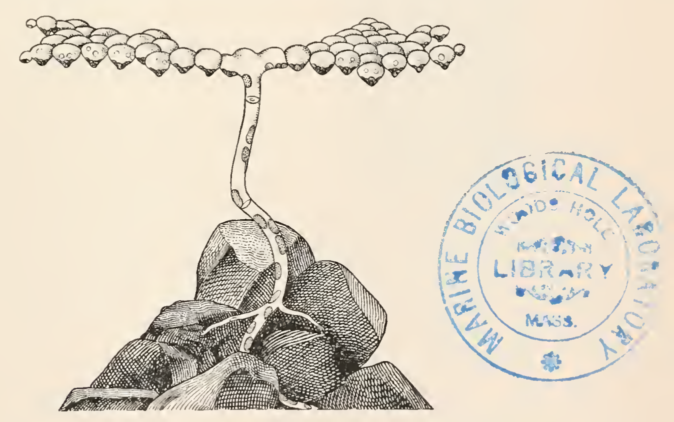


Abb. 97. *Schistostega osmundacea.* Vorkeim bei schwacher Vergrößerung (Neuzeichnung nach F. Noll).

und zeichnet sich durch ein auch in seinem oberirdischen Teile bleibendes Protonema mit rundlichen Zellen aus, welche, ähnlich den Katzenaugen, das Licht auf die hintere Wand konzentrieren und von dort wieder reflektieren. Dadurch strahlen sie ein überraschend mildes, chlorophyllgrünes Licht, das natürlich mit Phosphoreszenz nichts zu tun hat, zurück; vgl. die Abb. und *Chromulina*.

Eine farbige Abbildung von Leuchtmoos-Protonema in einer Felshöhle findet sich bei Kerner, Bd. I, S. 374. Zum Gedeihen der Vorkeime gehört eine richtige Abstimmung von Licht und Feuchtigkeit.

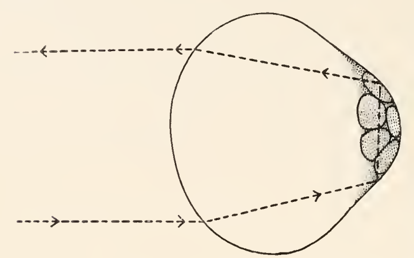


Abb. 98. *Schistostega osmundacea.* Gang eines Lichtstrahles durch eine Protonemazelle. Das austretende Licht erscheint durch das Passieren der Chlorophyllkörner grün. (Neuzeichnung nach F. Noll).

Die Kultur des Protonemas auf Agarnährboden ist P. Janzen (1) bis jetzt nicht gelungen, doch haben Versuche im Botanischen Garten in München gezeigt, daß man es lange Zeit in Saatschalen im Gewächshaus ziehen kann, wenn man es mit Mutterboden aushebt.

10. **Bryum argenteum.** Silbermoos.

Name von bryon, bei Dioscorides Bezeichnung für Moos (auf Rinden).

Die niedrigen Rasen sind in trockenem Zustand silberweiß glänzend. Sie bestehen aus dicht anliegend beblätterten, kätzchenförmigen Sprossen. Die vegetative Vermehrung erfolgt reichlich durch Brut- und Bruchknospen. Die hängenden Kapseln haben ein kompliziertes Peristom, welches eine ganz allmähliche Ausstreuung der Sporen gewährleistet; man vergleiche dazu L. Loeske (2), S. 117.

Das Moos ist auf der ganzen Erde verbreitet; z. B. gemein auf festgetretenen Wegen, zwischen Pflastersteinen, auf Äckern usw. Es ist meist erster Pionier in frischen feuchten Sandstichen, da es sehr genügsam und zählebig ist, nach C. Warnstorf darin dem *Polygonum aviculare* vergleichbar. Auf Rieselfeldern verträgt es Berieselung mit Abwasser. Es wächst oft in Gemeinschaft mit *Ceratodon purpureus. Bryum capillare* (Blätter mit aufgesetzter Stachelspitze) wächst ebenfalls häufig auf Gartenwegen.

Weitere Pioniere auf kahlen Sandflächen sind *Bryum pendulum, Br. caespiticium* und *Ceratodon purpureus.* Die Sporen und Brutorgane werden nach Ausstichen usw. auf weiten Strecken besonders durch Vögel, auf kürzeren auch durch Wind verbreitet.

11. **Mnium punctatum.**

Name von mnion, im Altertum Bezeichnung für Moos oder Alge.

Die Blätter sind rundlich und von ansehnlicher Größe, ihre Zellen groß und punktförmig erscheinend (daher *punctatum*, Planktonkammer!). Die Blätter eignen sich sehr gut und leicht zum Studium der Chlorophyllkörner. Man braucht nur ein Blatt unter Zugabe eines Wassertropfens unter das Mikroskop zu legen und kann dann die Chloroplasten

ohne weiteres betrachten. Das Moos gedeiht an Waldbächen, auf feuchtem Boden der Laubwälder usw. Vergl. die farbige Tafel in Kerner, Bd. II bei S. 57.

Mn. cuspidatum ist synoecisch.

Mn. undulatum ist eines der stattlichsten und schönsten unserer heimischen Moose. Es hat eine gewisse Ähnlichkeit mit *Catharinea undulata**), welche aber im vegetativen Zustande durch die relativ stumpfe Blattspitze und durch das Fehlen der Assimilationslamellen auf den Blättern von ihm unterschieden werden kann.

Viele Moose am Grunde schattiger Laubwälder (Waldmoose) gedeihen am besten bei mäßiger Belichtung.

Der Generationswechsel der Moose ist in einem Brendelschen Modell an *Mnium* dargestellt.

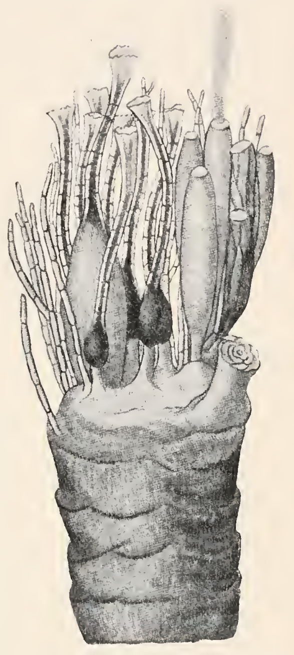


Abb. 99. Männliche und weibliche Geschlechtsorgane eines Laubmooses. Nach Hedwig, Gesammelte Abhandl., Leipzig, 1793.

12. **Buxbaumia aphylla.**

Nach Prof. J. C. Buxbaum in Petersburg († 1730) benannt.

Dieses nur 1—2 cm hohe, aber mit ziemlich großer Kapsel ausgestattete Moos wächst xerophytisch, besonders an kahlen Wegabstichen in Kiefernwäldern. Die Blätter sind sehr vergänglich und daher selten zu finden; sie können demnach zur Ernährung der Pflanze, wie sonst bei Moosen, wenig beitragen. Vergl. dazu Haberlandt (2). Das Protonema kann auf Agarnährboden kultiviert werden.

13. **Polytrichum commune****) Widerton-Moos***).

Dieses stattliche, hochorganisierte Moos (s. die Abb.) ist ein Hydrophyt (*Polytrichum juniperinum* dagegen ein Xerophyt); es vermag auf Moorboden und sonstigen feuchten Stellen in schwellenden, dunkelgrünen Rasen weite Strecken zu überziehen, auch an triefenden Felsen ausgedehnte Rasen zu bilden. Die Pflanze kann zur Torfbildung beitragen.

---

*) Benannt nach der Kaiserin Catharina II von Rußland.

**) Wegen der langbehaarten Kalyptra als vielhaarig bezeichnet.

***) Bedeutet: Wider das Antun, Behexen.

Beim Trocknen führen die Blätter mehr oder weniger ausgesprochene Verbiegungen und Drehungen aus, bei deren Zustandekommen Kohäsionsmechanismen im Spiel zu sein scheinen.

Die Blätter zeigen auf der Oberfläche zahlreiche, längsverlaufende Lamellen, durch welche die Assimilationsflächen vergrößert werden.

Die aufrechten Kapseln besitzen Spaltöffnungen, welche sich in der Einschnürung zwischen Hals und Urne befinden. Das Peristom ist einfach gestaltet, wie bei aufrechtstehenden Kapseln überhaupt (gleichsam Mohnkopftypus).

Die Pflanze besitzt eine Art inneren Leitgewebes für Wasser, scheint aber nach Oltmanns auch äußerlich, wie viele andere Moose, das Wasser kapillar aufzusaugen und für ihre Zellen zu verwerten.

Die Sporenreife fällt auf Ende Mai und Juni, die Geschlechtsreife in den Hochsommer, doch findet man, wie bei vielen Moosen überhaupt, gut entwickelte Geschlechtsorgane schon im Monat Mai.

P. juniperinum wächst xerophytisch auf Sandboden und an anderen Orten. *Pogonatum* (*Polytrichum*) *nanum* hat ein sehr üppig entwickeltes Protonema, das ausgedehnte. smaragdgrüne Rasen auf Erdabhängen bildet. Protonemen finden sich häufig auch auf Blumentöpfen, namentlich in Gewächshäusern; man vergleiche *Schistostega*, *Hypnum cupressiforme* und die Abb. über den Generationswechsel bei den Farnen.

— **Fontinalis antipyretica.** Quellmoos.

antipyreticus = gegen Feuersbrunst schützend, weil früher die Blockhäuser mit diesem Moos gefugt wurden.

Die Pflanze ist Taf. VII und im Abschnitt Ökologie abgebildet. Sie bildet meist kräftige, unter Wasser lebende Büschel von dunkelgrüner bis bräunlicher Farbe. Die Stämmchen können bis 50 cm und mehr lang werden, besonders in fließenden Gewässern. Das Moos wird häufig in Aquarien gehalten.

Amblystegium riparium wächst mehr in der Emersionszone, auch in Brunnentrögen, an Wassermühlen usw., auch wie *Rhynchostegium rusciforme* gern auf hölzernen Mühlrädern.

14. **Brachythecium rutabulum.**

Name von brachys = kurz und theke = Büchse, wegen der meist dicken, kurzen Kapsel. rutabulum = Ofenkrücke, wegen der gekrümmten Äste.

Die breiteiförmigen, zugespitzten Blätter sind ziemlich locker gestellt, oft fast wagerecht abstehend. Das Moos wächst in Gebüschen und Waldungen, häufig auch in wenig besonnten Gärten (z. B. in nach Norden gelegenen Hausgärtchen), in denen es den Wuchs des Rasens unterdrückt.

Überhaupt gedeihen viele Laubmoose gut im Schatten, wodurch sie befähigt sind, an weniger belichteten Stellen den Rasen, der meist lichtbedürftig ist, zu unterdrücken oder ihn mit Moos zu durchsetzen.

Rhynchostegiella tenella, ein in West- und Süddeutschland besonders an Kalk, Sandsteinmauern und trockenen Felsen verbreitetes Moos, findet sich nach Veröffentlichungen von Prof. Fr. Thomas-Ohrdruf in der var. *cavernarum* bei dem verhältnismäßig schwachen Schein einer elektrischen Glühlampe in der Dechenhöhle bei Iserlohn in fruchtendem Zustand. Das elektrische Licht vermochte also das Sonnenlicht zu ersetzen.

Amblystegium juratzkanum, das im gleichen Rasen vorhanden war, fruchtete ebenfalls.

Bryum capillare gedeiht in der Hermannshöhle bei Rübeland im Harz (nach den Feststellungen von Prof. Lindau) ebenfalls im elektrischen Licht.

— **Hypnum cupressiforme.** Astmoos.
hypnos = Moosname im Altertum.

Dieses nächst *Ceratodon* gemeinste Moos bildet mit Vorliebe teppichartige, ausgedehnte Überzüge auf Baumstämmen, -stümpfen usw. Diese Überzüge haben im trockenen Zustand hellgrünes seidiges Aussehen.

Seine weite Verbreitung und die Fähigkeit, an trockenen Baumstämmen u. dgl. zu leben, verdankt das Moos als Xerophyt seiner Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknen. Ähnliches gilt von den Moosen auf den Strohdächern der Bauernhäuser, z. B. von *Ceratodon purpureus.*

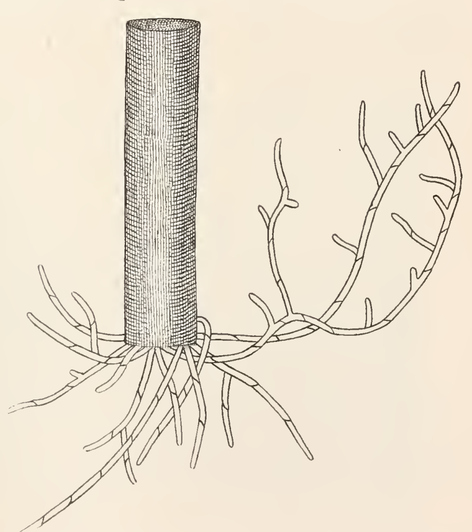


Abb. 100. Protonema von *Hypnum cupressiforme*, aus einem Stück in feuchten Sand eingepflanzter brauner Seta hervorwachsend. In diesem Falle entsteht das Protonema aus der Sporengeneration unter Überspringen der Sporen. Vergr. ca. 30fach. (Nach N. Pringsheim).

Wie die Abbildung zeigt, kann man aus der Seta von *H. cupressiforme**) das Protonema (stellenweise schiefe Querwände) durch geeignete Kultur hervorbringen, also die beblätterte Moospflanze (Geschlechtsgeneration) unter Umgehung

*) Wegen der neueren Nomenklatur vergleiche man C. Warnstorf (1).

der Sporen unmittelbar aus dem Gewebe der Sporogongeneration erzeugen; vgl. auch das Kapitel Farne und Marchal (1).

— **Hypnum schreberi.**

(Mit rotem Stengel).

Lebt xerophytisch und bildet, besonders in Kiefernwäldern, sehr ausgedehnte Bestände.

15. **Hypnum purum.**

(Mit grünem Stengel).

Wächst ähnlich, ist aber ein weniger ausgesprochener Xerophyt. *H. cuspidatum* ist vorwiegend Hygrophyt. *Hypnum molluscum* ist ein für Kalkgebiete charakteristisches Waldmoos.

Kalkmoose, welche in ähnlicher Weise wie die Armleuchtergewächse Kalk in ihren Membranen ablagern, gibt es nicht, wohl aber können sich aus hartem Wasser Kalkinkrustationen auf Moosen niederschlagen.

— **Hylocomium squarrosum.**

Name von hyle = Wald und kome = Haar, Laub.

Das Moos lebt in feuchten Gebüschen und Wäldern, oft in ausgedehnten Beständen. Die Pflanze ist als Kranzmoos bekannt.

— **Hylocomium splendens.** Etagenmoos.

Die Pflanze bildet neben *Hypnum purum* und *H. schreberi* häufig Massenbestände in trockenen Laub- und Nadelwäldern. Dadurch, daß es jährlich einen neuen aufstrebenden Ast bildet, entgeht es leicht der Eindeckung durch abfallendes Laub.

Literatur und Sammlungen.

E. Bauer (1), Europäisches Laubmoosherbar.

Joh. Hedwig (1), Prachtwerk mit farbigen Tafeln.

V. Schiffner (1), Europäisches Lebermoosherbar.

(Vgl. auch Engler-Prantl).

W. Ph. Schimper (1), Prachtwerk mit schwarzen Tafeln.

Trocken gewordene Moose kann man meist mit bestem Erfolg wieder zu ihrer natürlichen Form aufweichen; Jungermanniaceen z. B. durchgehends, wenn auch manchmal erst nach längerer Zeit. Riccien lassen sich mit Wasser nicht aufweichen, Marchantien nur schlecht.

Brotherus u. a. (1).

Correns (1).

Goebel (1 und 2), betr. Moose und Farne.

Haberlandt (2).

Limpricht (1).

Loeske (1), Anordnung nach Standorten.

Lorch (1).

Migula (1).

Warnstorf (1).

Wünsche (1), Anordnung nach Standorten.

VII. Gruppe. Pteridophyta, Farne.

1. Die Sporengeneration der Farne.

Die Einteilung der Farne geschieht nach der Sporengeneration in folgende vier hier in Betracht kommende Klassen:

a) Filicales:
Hymenophyllaceae,
Cyatheaceae,
Polypodiaceae,
Osmundaceae,
Marsiliaceae,
Ophioglossaceae,
Pecopterides (u. a. m.), fossil.

b) Sphenophyllales:
Salviniaceae,
Sphenophyllaceae, fossil.

c) Equisetales:
Equisetaceae,
Calamariaceae, fossil.

d) Lycopodiales:
Lycopodiaceae,
Selaginellaceae,
Lepidodendraceae, fossil,
Sigillariaceae, fossil,
Isoetaceae.

Beistehend ist eine Sumpflandschaft fossiler Farne abgebildet, welche ein Bild von mächtig entwickelten Sporengenerationen vergangener Zeiten



Abb. 101. Waldmoor der Steinkohlenzeit. Links: Vorn ein *Lepidodendron*, ein Farnbaum (*Pecopteris*) und eine kletternde *Sphenopteris*. Am Bodeu liegend ein *Megapyton*-Stamm. Mitte: Im Wasser *Sphenophyllum cuneifolium*. Rechts: Vorn *Sigillaria*-Baum und kletternde Farne, dahinter große und kleine *Cordaites* (bandförmig-blätterig und fächer-blätterig). Zum Teil im Wasser *Calamites ramosus*.
[Nach Potonié (2), Wandtafel betr. eine Landschaft der Steinkohlenzeit].

gibt und an die physiologischen und chemischen Prozesse erinnern soll, welche durch Zersetzung von Pflanzensubstanz, Bildung von Faulschlamm

usw. zur Entstehung von Steinkohle Anlaß gegeben haben*); vgl. Potonié (1).

Im Laufe der Entwicklung unserer Erde sind die Riesenfarne der Vorzeit, offenbar infolge Änderung der klimatischen Verhältnisse, mehr und mehr zurückgegangen. Besonders die Bärlappgewächse, auch die Schachtelhalme, stellen gegenwärtig nur noch kleine Formen einst bedeutungsvoller Geschlechter dar. Nach H. Bruchmann scheinen bei den Lycopodiales in dem lockeren, humosen Boden in der Vorzeit, der durch verrottende Stämme bei der Üppigkeit der Vegetation immer von neuem aufgefüllt wurde, die Bedingungen für die Entwicklung der unterirdisch lebenden Geschlechtsgeneration ganz besonders günstig gewesen zu sein.

Gegenwärtig haben wir in den tropischen Baumfarnen (z. B. *Cyathea* und *Alsophila*) noch einigermaßen hochstämmige Formen. Von den in Europa wachsenden Gattungen vermag nur noch der Königsfarn (*Osmunda regalis*) dicke kurze Stämme zu bilden (im Kaukasus).

* * *

Die Wedel der Farne tragen die Sporangien mit den darin enthaltenen Sporen an lokal begrenzten Stellen auf ihrer Unterseite oder am Rande, z. B. *Aspidium filix mas*, *Scolopendrium vulgare*, *Pteris aquilina* und *Polypodium vulgare*. Bei anderen dagegen führt die Bildung der Sporangien zum Verschwinden der grünen Blattspreite und damit zu wesentlichen Veränderungen in der Ernährung dieser Wedelteile.

Beispiele hierfür sind in der folgenden Zusammenstellung genannt:

Umbildung sporangientragender Wedelteile.

Beispiele	Sterile, grüne Wedel	Fruchtbare Wedel
Struthiopteris germanica	doppelt fiederspaltig	ähnlich, aber zu einer Art brauner Straußenfeder umgebildet
Blechnum spicant	fiederteilig	ähnlich, aber die Flächenteile fast bis auf die Hauptnerven reduziert
Osmunda regalis	doppelt gefiedert	ähnlich, aber zu einer Art brauner Rispe umgebildet
Marsilia quadrifolia	mit vier Blättchen	außerdem mit bohnenförmiger „Sporenfrucht“ **)
Ophioglossum vulgatum	zungenförmig	außerdem mit ährenförmigem Teil
Botrychium lunaria	meist einfach gefiedert	außerdem mit meist doppelt gefiedertem, spreitenlosen, sporentragenden Teil
Equisetum arvense	scheidenförmig	schildförmig
Lycopodium clavatum	schmales Blättchen	breites, gelbliches Blättchen mit einem Sporangium ***)

*) Es sei daran erinnert, daß nach neueren Anschauungen Reste von Wasser- und Sumpfpflanzen auch an der Bildung von Petroleum beteiligt sind.

**) Öffnet man eine solche (ev. viele Jahre alte) „Sporenfrucht“, so quillt beim Einlegen in Wasser ein Gallertstiel mit den daran sitzenden Sporangien hervor.

***) Die Sporen von *Lycopodium* dienen in den Apotheken zum Einbetten von Pillen.

Zum näheren Studium der zu Sori vereinigten Sporangien eignen sich *Aspidium filix mas* (s. die Abb.), *Polypodium vulgare*, *Scolopendrium officinale* u. a. m. Man halte sich Herbarmaterial in genügender Menge vorrätig. Um zunächst ein Übersichtsbild über die Sporangienhäufchen zu gewinnen, verfahre man folgendermaßen:

Man lege Teile des Blattes von *Polypodium vulgare* (bei dem die Sporangien nicht durch ein Indusium bedeckt sind), trocken auf den Objektträger und betrachte sie bei schwacher (40—100facher) Vergrößerung im



Abb. 102. *Aspidium filix mas.* Querschnitt durch einen Sorus, die Sporangien unter dem Indusium zeigend. Mittelstark vergrößert. (Nach L. Kny).

auffallenden Licht, bei Beleuchtung mit einer hell leuchtenden elektrischen Taschenlampe. Man wird ausgezeichnet in situ die braunen Sporangien, den braunroten, wie eine Raupe erscheinenden Annulus und die umherliegenden gelblichen Sporen sehen, besonders wenn das Material nicht überreif war*).

Die Sporangien zeigen einen sehr bemerkenswerten Mechanismus zum Fortschleudern der Sporen, welcher nachstehend besprochen werden soll.

*) Stücke solcher sporangientragenden Wedel können sehr gut zur Anfertigung von Trockenpräparaten auf schwarzem Objektträger dienen. Man kittet auf einen solchen Objektträger von undurchsichtigem schwarzen Glase einen zylindrischen Messingring von ca. 1,5 mm Höhe, 1,0 mm Wandstärke und 15 mm lichtem Durchmesser mit schwarzem Lack auf, der das Metall vollkommen eindeckt, so daß man eine ganz schwarze Kammer für das Präparat erhält. In diese wird ein Blattstück mit Sporangien eingelegt und durch ein rundes Deckgläschen verschlossen, welches man ebenfalls unter Verwendung von schwarzem Lack mittels Ringmaschine (am besten aus Metall, nicht aus Holz) festklebt.

Der Öffnungs- und Schleudermechanismus der Farnsporangien.

Die reifen Sporangien von *Aspidium filix mas*, *Polypodium vulgare*, *Scolopendrium officinale* u. a. m. zeigen eine eigentümliche Einrichtung zum Fortschleudern der Sporen.

Um diese zu demonstrieren, verfährt man in folgender Weise:

Man schabt das Sporangienmaterial*) vom Wedel ab und weicht es auf einem Objektträger ein, ohne ein Deckgläschen aufzulegen. Es wird zunächst bei schwacher (20maliger oder noch schwächerer) mikroskopischer Vergrößerung betrachtet, weil man dann ein großes Gesichtsfeld hat. Infolge der Befeuchtung sind die Sporangien geschlossen; sobald das Wasser aber verdunstet, streckt sich der Annulus zusehends, krümmt sich, wie die Abbildung zeigt, zurück und springt dann plötzlich in seine ursprüngliche Lage. Dabei werden Sporangien und Sporen fortgeschleudert (bei im Sorus festsitzenden Sporangien werden diese naturgemäß nur erschüttert, die Sporen aber auch hier umhergeschleudert). Das Springen auf dem Objektträger ist so lebhaft, daß manche Sporangien aus dem Gesichtsfeld verschwinden, andere, die vorher nicht sichtbar waren, hineinspringen. Die Sporen fliegen allenthalben umher.

Das Springen kann erst beginnen, wenn auf dem Objektträger kein blankes Wasser mehr zu sehen ist. Man saugt deshalb mittels Fließpapier das Wasser zweckmäßig von vornherein so weit ab, daß das Präparat stumpf erscheint. Wenn das Wasser in den Zwischenräumen der Sporangienmasse ruckweise verdunstet, ist der Moment des Springens ziemlich nahe. Man kann den Prozeß dadurch beschleunigen, daß man während des Beobachtens ein glimmendes Streichholz unter den Objektträger hält oder vorher über der Lampe, der Glasflamme oder einem brennenden Streichholz gelinde erwärmt.

Durch das Erwärmen pflegt das Springen auch verstärkt zu werden. Bei manchen Exemplaren streckt sich der Annulus nur und schnellt nicht zurück.

Während man das Springen beobachtet, hält man zweckmäßig den feuchten Atem durch die Hand oder einen Hauchschirm ab.

Der Versuch kann an demselben Material durch erneutes Befeuchten wiederholt werden.

Der Mechanismus, welcher der vorliegenden Erscheinung zugrunde liegt, ist besonders durch Schrodt und Steinbrinck studiert worden. Das Wasser verdunstet durch die dünnen Membranstellen des Annulus. Dadurch verringert sich das Volumen der Zellen, wobei durch Adhäsion des Wassers an der Wand und durch seine Kohäsion der Ring sich zurückkrümmt. Ist ein Maximum der Spannung überschritten, so reißt das Wasser auseinander und es entstehen luftverdünnte Räume, welche unter dem Mikro-

*) Die Sporangien eignen sich zu Dauerpräparaten in Glyzeringelatine. Modelle finden sich in der Brendelschen Sammlung.

skop wie Luftblasen erscheinen (s. die Abb.). Das Auftreten solcher Räume erklärt sich dadurch, daß das Wasser durch Verdunsten heraus, die Luft durch die Wände der Annuluszellen aber nicht hinein kann. Sobald das

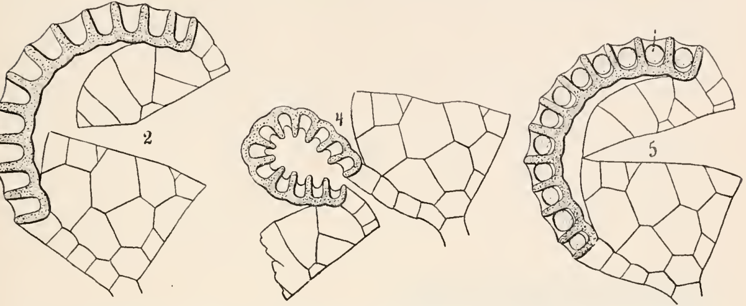


Abb. 103. *Aspidium filix mas.* Vergrößerte Sporangien. 2. Bei Beginn des Öffnens. 4. Vollständig geöffnet. 5. Nach dem Springen. (Nach Leclerc du Sablon).

Wasser reißt, schlägt der Ring zurück und bewirkt durch die plötzlich eingetretene Erschütterung das Umherschleudern der Sporen.

Ungestielte Sporangien, z. B. diejenigen von *Botrychium*, besitzen keinen Schleuder- wohl aber einen Öffnungs- und Schließmechanismus. Bei feuchtem Wetter sind die Sporangien geschlossen; Abb. s. bei Kerner, Bd. II, S. 568.

Zusatz.

Gleichfalls zu den Kohäsionsmechanismen rechnen die zum Öffnen der Antheren vieler Blüten dienenden Struktureigentümlichkeiten in den Zellen der Faserschicht der Staubblätter (vgl. Abb. 10).

Um rein hygroskopische Mechanismen, bei denen die ungleiche Quellbarkeit von Membranenschichten infolge ungleicher Micellarstruktur (nicht das Lumen der Zellen) eine Rolle spielt, handelt es sich bei den folgenden Objekten:



Abb. 104. *Equisetum arvense.* Sporenhaufen trocken (links) und feucht (Nat. Gr.). Einzelne Sporen trocken und feucht (schwach vergr.). Vergl. auch Kerner, Bd. II, S. 569. (Original).

Equisetum, Elateren der Sporen; s. die Abb.

Moose, Peristomzähne der Kapseln; vgl. S. 212 und 216.

Melandryum, Agrostemma, Kapseln, wenn sie gut reif sind. Die Zähne schließen die Kapseln in warmem Wasser sogleich, in kaltem nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde; vgl. Abb. 9. Die an der Außenseite liegenden dynamischen Zellen nehmen beim Befeuchten in der Längsrichtung der Kapsel mehr Wasser auf als die an der Innenseite befindlichen. Dementsprechend sind die Poren der nach außen liegenden Zellen zur Kapselachse quergestellt.

Erodium, Grannen der Früchte; vgl. P. Claussen (1), S. 20.

Näheres lese man bei G. Haberlandt (1) nach.

Bei der Bewegung der Blätter und Blättchen von *Mimosa pudica* handelt es sich, wie bereits im I. Teil gesagt ist, um einen Reizmechanismus.

2. Die Prothalliengeneration der Farne.

Die Prothallien der Farne bilden als Träger der Antheridien (♂) und Archegonien (♀) die Geschlechtsgeneration.

Die Prothallien entwickeln sich:

a) oberirdisch bei *Aspidium*, *Polypodium*, *Equisetum* u. a. m. und haben dann Chlorophyll;

b) unterirdisch bei *Lycopodium*, *Ophioglossum* und *Botrychium* und sind dann chlorophyllfrei;

c) in der Spore, wenigstens zum größeren Teil, z. B. bei *Salvinia*, *Selaginella* und *Isoctes*.

Näheres zeigen die Abbildungen.

Die Prothallien von *Aspidium filix mas* und verwandten Vertretern findet man im Freien am leichtesten an feuchten Felswänden farnreicher Täler, am Boden von Wäldern, auf Erlenstümpfen usw., meist in Form kleiner, herzförmiger Blättchen von etwa Linsengröße. In Gewächshäusern erscheinen sie häufig auf der Oberfläche von Blumentöpfen in Farnhäusern.



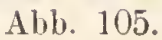


Abb. 105. Abb. 106.

Abb. 105. *Lycopodium clavatum.* Prothallien und junges Pflänzchen in nat. Größe. (Original.)

Abb. 106. *Ophioglossum vulgatum.* Links: Größere Prothallien in nat. Größe, einfach, verzweigt und z. T. von der Basis her absterbend. Rechts: Keimpflanze mit entfaltetem, grünem Blatt in nat. Größe. (Neuzeichnungen nach H. Bruchmann).

Die Prothallien des Bärlapps (*Lycopodium*) finden sich nach H. Bruchmann (1) etwa in ½—10 cm Tiefe im Waldboden, bisweilen so häufig, daß in 1 l Erde etwa 10 Exemplare zu finden sind, am besten an solchen Stellen, wo die Sporen durch Erdarbeiten im Walde eingedeckt sind. Die Ausbildung der Prothallien von *L. clavatum* erfordert im Freien schätzungsweise 7—12 Jahre. Sie sind, wie die Abbildung zeigt, unregelmäßig wulstig gestaltet und von gelblich-weißer Farbe. Die Geschlechtsorgane sind mehr oder weniger tief in die Peripherie des Gewebes eingesenkt.

Die Prothallien der Natternzunge (*Ophioglossum vulgatum*) fand H. Bruchmann (2) etwa 2—10 cm tief unter der Erdoberfläche, unter 1 qm Boden durchschnittlich acht Exemplare. Sie stellen in der Regel wurmförmige Gebilde von bräunlicher Farbe dar, welche mehr oder weniger



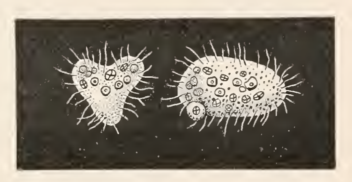


Abb. 107. *Botrychium lunaria.* Links: Prothallien und Keimpflanzen in nat. Größe an ihrem Standort im Freien. Rechts: Geschlechtsreife Prothallien bei schwacher Vergrößerung. (Neuzeichnungen nach H. Bruchmann).

vertikal gerichtet sind. Die Dicke beträgt ca. 1 mm, die Länge höchstens 6 cm. Die Prothallien sind monöcisch, ihre Antheridien und Archegonien in großer Zahl in das Gewebe eingesenkt. Ihr Alter beträgt schätzungsweise 3—20 Jahre; Symbiose mit Wurzelpilzen ist wahrscheinlich.

Botrychium lunaria (s. die Abb.) erzeugt Prothallien, welche 1—3 cm tief zwischen Wurzelgeflecht unter der Erdoberfläche wachsen. Sie finden sich bisweilen gleichsam nesterweise in Form kleiner eiförmiger, mitunter auch herzförmiger Körper von etwa 1—2 mm Länge und ½—1 mm Breite, von weißlicher oder schwach hellbrauner Farbe, und sind allseitig mit Rhizoiden besetzt. Die Prothallien sind monöcisch und tragen die Geschlechtsorgane auf der der Erdoberfläche zugekehrten Seite.

Die Mikrosporen von *Salvinia natans**) sind eigentlich nur die Behälter für die Spermatozoiden, während die Makrosporen dicht mit Proteinkörnern, Öl und Stärke erfüllt sind; sie enthalten gleichsam die

*) *Salvinia natans* ist eine einjährige, wurzellose Wasserpflanze. Die diöcischen Sori sitzen an den wurzelähnlichen Wasserblättern. Fundort: z. B. Potsdam-Kietz.

Dottermasse für den heranwachsenden Embryo. Die Befruchtung und nachfolgende Keimung kann schon im Februar beginnen, wenn die Pflanzen



Abb. 108. *Salvinia natans.* Pflanze von oben betrachtet und in der Seitenansicht (mit Sporangienbehältern). Nat. Gr. Rechts: Makrospore mit Prothallium und Keimpflanze, schwach vergrößert. (Links: Original, Mitte: nach Sachs, rechts: nach Pringsheim).

den Winter über im geheizten Zimmer gehalten werden. Die Keimpflanze schwimmt auf dem Wasser; man vergleiche hierzu die Abbildungen.

* * *

Als Studienobjekt für physiologische Beobachtungen wählen wir die Prothallien von *Aspidium filix mas* (s. die Abb.).

Um gutes Sporenmaterial zur Anzucht von Prothallien zu erhalten, sammelt man gut entwickelte Farnwedel im Freien (möglichst nicht aus Gärten), weil man auf diese Weise am sichersten gut keimfähige Sporen erhält. Man legt die Wedel auf weißes Papier und läßt die Sporen bis zum nächsten Tag von selbst ausfallen. Das eingesammelte Sporenmaterial wird dann in mit Datum versehenen Papierhülsen aufbewahrt oder sogleich ausgesät. Ein Nachreifen der Sporen findet nicht statt; sie sind ohne weiteres keimfähig. Die Keimkraft der Sporen bleibt etwas über 1 Jahr erhalten.

Die Sporen werden zur Anzucht der Prothallien auf zerkleinertem, am besten durch ein Sieb von etwa 5 mm Maschenweite gesiebten Torfmull*) in Saatschalen von etwa 20 cm Durchmesser und ca. 8 cm Höhe ausgesät und durch Eingießen von Wasser in den Untersatz ständig feucht gehalten. Die Schale bleibt von Anfang bis zu Ende mit einer Glasscheibe bedeckt. Besteht die Gefahr einer Infektion mit *Vaucheria*, wird das Substrat vorher durch Übergießen mit heißem Wasser sterilisiert.

*) Torfmull kann aus Samenhandlungen bezogen werden.

Die Entwicklungsdauer bis zur Entstehung geschlechtsreifer Prothallien kann sich je nach der Zeit der Aussaat erstrecken vom August bis Oktober, Oktober bis Januar, Januar bis März usw.

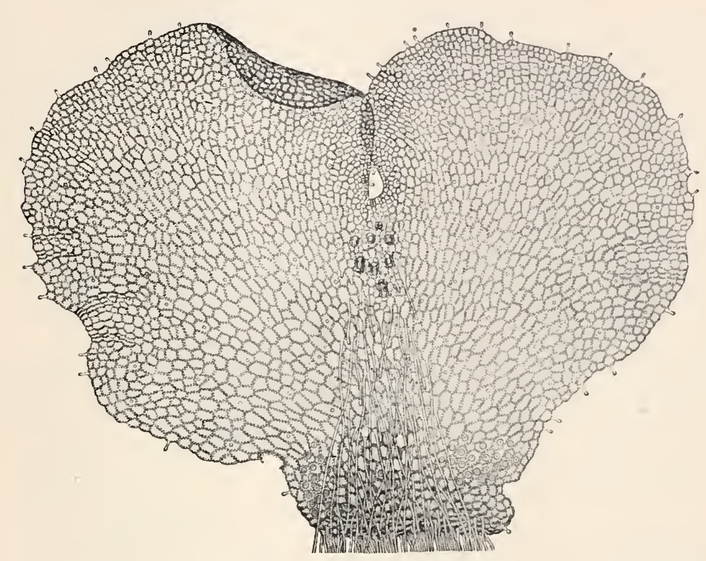


Abb. 109. *Aspidium filix mas.*

Erstes Keimprodukt der Spore und entwickeltes, geschlechtsreifes Prothallium bei mittelstarker Vergrößerung. (Nach L. Kny).

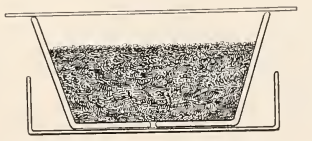


Abb. 109.

Abb. 110. Schale zur Kultur von Prothallien. Der Untersatz wird mit etwas Wasser gefüllt, die Saatschale mit einer Glasscheibe bedeckt; ca. $^1/_6$ nat. Größe. (Original).

Man kann die Prothallien auch in Wasserkulturen ziehen und zwar in folgender Nährlösung (nach H. Fischer):

Wasser . . . . 1—10 l
Monokaliumphosphat . . . 1 g
Ammoniumnitrat . . . . . 1 g
Chlorcalcium . . . . 0,1 g

Magnesiumsulfat	0,3 g
Chlornatrium	0,1 g
Eisenchlorid	0,01 g
Salzsäure, konzentrierte . .	einige Tropfen.

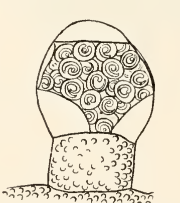
Die Gefäße und Lösungen werden zweckmäßig sterilisiert.

Haben die grünen Prothallien eine gewisse Reife erlangt, so pflegen sie reichlich Antheridien (♂) und Archegonien (♀) zu erzeugen, die bei *Aspidium filix mas* nicht immer auf demselben Prothallium vorhanden zu sein brauchen. [Bei *Equisetum**) ist die Zweihäusigkeit der Prothallien die Regel]. Die Ausbildung der Prothallien und ihrer Geschlechtsorgane ist abhängig von der Dichtigkeit der Sporenaussaat, von eventuellem Pikieren, von der Belichtung usw.; man vergleiche dazu O. Schlumberger (1).

Kurz vor der Untersuchung halte man die Kulturen nicht zu naß, weil sonst die Spermatozoiden aus den Antheridien vorzeitig ausschlüpfen können.

Zur Untersuchung nehme man ein Prothallium mit der Pinzette heraus und entferne (z. B. mittels einer Nadel) die zwischen den Rhizoiden haftenden Torfpartikelchen. Für die mikroskopische Beobachtung wird das Prothallium mit der Unterseite nach oben unter Zusatz von Wasser auf den Objektträger gebracht. Man sucht nun bei mittlerer Vergrößerung nach Geschlechtsorganen und führt dann die genauere Beobachtung bei stärkerer mikroskopischer Vergrößerung aus. Bisweilen muß man eine geringere Zahl von Prothallien durchmustern, bis man ein mit besonders gut entwickelten Antheridien und Archegonien ausgestattetes Exemplar findet.





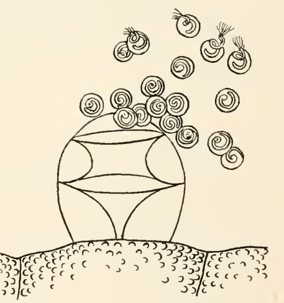


Abb. 111. *Aspidium filix mas.* Reifes Antheridium (♂), geöffnetes Antheridium und freies Spermatozoid bei starker Vergrößerung. (Neuzeichnung nach L. Kny).

Solche Prothallien, welche durch Grünalgen, Kieselalgen (z. B. *Navicula mesolepta*) und Nematoden stark verunreinigt sind, verwerfe man nach Möglichkeit.

Die Geschlechtsorgane sind manchmal so häufig, daß fast eines das andere berührt; das ganze Gesichtsfeld kann bisweilen voll von Antheridien

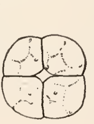
*) Die Prothallien von *Equisetum* entwickeln sich unter den üblichen Kulturbedingungen auf feuchtem, sterilisiertem Lehm, bieten aber physiologisch wenig Neues.

oder Archegonien sein. Im Durchschnitt pflegen sich einige Dutzend ♂ und ♀ Organe pro Prothallium zu finden; die männlichen Organe überwiegen aber in der Mehrzahl der Fälle die weiblichen.

Die männlichen Organe sind von kugeliger Gestalt. Kurz vor der Reife sieht man deutlich die Spermatozoidmutterzellen in ihnen; es liegen dann Kugeln in einer Kugel. Am deutlichsten erkennt man den Bau des Antheridiums, wenn dieses am Rand des Prothalliums steht und darüber hinausragt. Die schmalen, keulenförmigen Gebilde am Rande der Prothallien sind Harzdrüsen, welche mit der Fortpflanzung nichts zu tun haben. Die erwachsenen Antheridien sind farblos. Nach 5—10 Minuten währender Berührung mit dem Präparatwasser pflegen die Spermatozoiden in Kugelform am Gegenende der Anhaftungsstelle des Antheridiums herauszutreten und dann sehr bald in Schrauben-(Sprungfeder-)form umherzuschwimmen. Diese Form erkennt man naturgemäß am besten dann, wenn die Spermatozoiden quer zur Beobachtungsrichtung schwimmen. Ein gelinder Druck auf das Deckgläschen kann bisweilen das Platzen der Antheridien etwas beschleunigen. Sind zahlreiche Spermatozoiden ausgetreten, so erscheinen sie im Präparatwasser wie Mückenschwärme. Sehr schön lassen sich die männlichen Befruchtungskörper beobachten, wenn sie vereinzelt im Antheridium zurückgeblieben sind.

Alte Antheridien sind meist braun und erscheinen wie runde Boviste mit Scheitelöffnung.

Die weiblichen Organe haben eine gedrungene wulstige Form (nicht flaschenförmige wie bei Laubmoosen) und sind meist schwach gekrümmt. Sie pflegen den mittleren mehrschichtigen Teil des Prothalliums, gleichsam die Rippe, einzunehmen. Im erwachsenen Zustande sind die Archegonien ebenso wie die Antheridien farblos; der Hals besteht, wie die mikroskopische Betrachtung lehrt, aus vier Längsreihen von Zellen, in denen die Kerne oft sehr deutlich und klar erscheinen können. Blickt man direkt von oben auf ein Archegonium, so erkennt man die charakteristische Kreuzteilung, welche zur Entstehung der Halszellen führt.



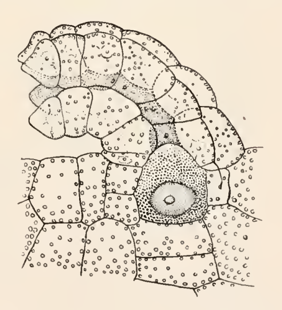


Abb. 112. *Aspidium filix mas.* Reifes geöffnetes Archegonium (♀) in der Seitenansicht und Halzellen im optischen Querschnitt. Stark vergrößert. (Neuzeichnung nach L. Kny).

Im gleichen Gesichtsfeld sieht man bisweilen geschlossene und offene Archegonien nebeneinander, an letztgenannten die Mündungszellen bisweilen gerade im Stadium des Klaffens. Im Halskanal beobachtet man häufig einen meist körnigen Schleimpfropf. Das Ei im Bauchteil ist ohne Präparation nicht deutlich zu erkennen.

Abgestorbene (nicht befruchtete) Archegonien erscheinen innen braun.

Ist ein Ei durch Eindringen eines Spermatozoids in das Archegonium infolge der Anlockung durch Äpfelsäure (nach W. Pfeffer) befruchtet worden, so wächst sehr bald eine junge Farnpflanze (die sporentragende Generation) heran.

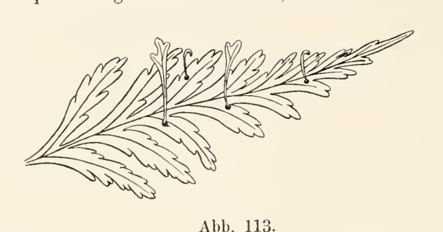


Abb. 113. Abb. 114.

Abb. 113. *Asplenium bulbiferum.* Bei diesem paläotropischen Farn entwickeln sich auf den Wedeln Knospen, aus denen kleine Avdentiv-Pflänzchen hervorgebrochen sind. (Original nach Gewächshausmaterial).

Abb. 114. *Dentaria bulbifera.* Brutzwiebeln gesammelt im Mai. Rechts: Nach Einflanzen gekeimte Brutzwiebel mit Würzelchen. (Original).

Abb 115. Entwicklung der Cormophyten und der Homologien ihrer Organe. Schematische Darstellung. Neuzeichnung nach R. v. Wettstein.

Vom vegetativen Teil des Prothalliums verdienen noch die als Ausstülpungen von ziemlich beträchtlichem Durchmesser erscheinenden Rhizoiden, welche die Bodennahrung aufnehmen, Erwähnung, ebenso die in

den Prothallienzellen reichlich vorhandenen Chlorophyllkörner mit ihren Teilungsstadien: rund, eiförmig, eingeschnürt, doppelscheibig.

Das Chlorophyll der Prothallien entsteht auch bei völligem Lichtabschluß, was als Anpassung an das Waldesdunkel gedeutet werden kann.

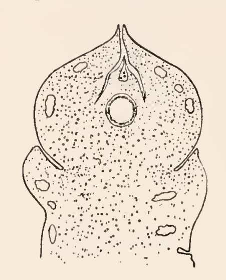
Die Prothallien eignen sich zu Dauerpräparaten in Glyzerin und Glyzeringelatine.

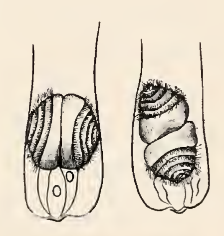
Der Generationswechsel zwischen Prothallium- und Sporenpflanze ist im allgemeinen obligatorisch, doch gibt es auch Ausnahmen. So entstehen z. B. bei *Asplenium bulbiferum* (s. die Abb.) und bei *Cystopteris bulbifera* (s. Kerner, Bd. II, S. 33 u. S. 572) auf den Wedeln unter Überspringen der Geschlechtsgeneration neue Pflänzchen. Man vergleiche hierzu auch die Ausführungen bei *Hypnum cupressiforme.*

Ähnliche Erscheinungen treten auch bei höheren Pflanzen auf. Legt man z. B. ein Blatt der Crassulacee *Bryophyllum calycinum* freischwimmend auf Wasser, so wird nach einigen Wochen fast aus jedem Zahnwinkel ein Pflänzchen hervorwachsen. Eine Abbildung findet sich ebenfalls bei Kerner. *Dentaria bulbifera* (s. d. Abb.), *Lilium bulbiferum* u. a. m. bilden ähnlich den genannten Formen (aber in den Blattachseln) Brutzwiebelchen, welche zu neuen Pflanzen austreiben. Man kann die reifen Gebilde trocken aufbewahren und später in Blumentöpfe einpflanzen. Sie treiben auch während des Winters sehr bald Wurzeln, selbst wenn sie bereits stark geschrumpft waren.

An der Hand des beigefügten Bildes können wir ersehen, wie mit dem Übergang zum Luftleben die an Feuchtigkeit angepaßte Prothalliumgeneration mehr und mehr zurückgegangen ist.

Bei den Cycadeen und einigen mehr sind bereits normale Pollenschläuche ausgebildet, aber in diesen entstehen noch typische Spermatozoiden, wie sie die Abbildung zeigt. Bei den Blütenpflanzen endlich ist auch diese Erscheinung zum Verschwinden gekommen.





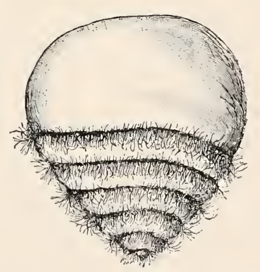


Abb. 116. *Zamia floridana.* Pollenschläuche mit Spermatozoiden (in Entwicklung) und frei schwimmendes, reifes Spermatozoid. Oben: *Ginkgo biloba*, Längsschnitt durch die Samenanlage (Makrosporangium).
(Nach Coulter und Chamberlain und H. J. Webber).

Wir sind mit dieser Betrachtung wieder zu derjenigen Gruppe zurückgekehrt, welche den Ausgangspunkt für unsere Darstellungen im I. Teil des Buches bildete.

Literatur.

Abderhalden, Emil (1), Biochemisches Handlexikon, Bd. VII. Berlin, J. Springer, 1912.

— (2), Physiologisches Praktikum. Chemische und physikalische Methoden. Berlin, J. Springer, 1912.

Abel, Rud. (1), Bakteriologisches Taschenbuch. Die wichtigsten technischen Vorschriften zur bakteriologischen Laboratoriumsarbeit. 17. Aufl., Würzburg 1913.

Abel, Rud. u. Buttenberg, Paul (1), Über die Einwirkung von Schimmelpilzen auf Arsen und seine Verbindungen. Der Nachweis von Arsen auf biologischem Wege. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 32, S. 449—490. 1899.

Appel, O. (1), Flugblätter der Kais. Biolog. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft. 1905 bis 1907.

Nr. 15: Über das Einmieten der Kartoffeln.

Nr. 28: Die Schwarzbeinigkeit und die mit ihr zusammenhängende Knollenfäule der Kartoffel.

Nr. 42: Die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Verlag von Paul Parey, Berlin.

Appel, O. (2), Beispiele zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenkrankheiten. 2. Aufl., 54 Seiten mit 63 Abb. Berlin, J. Springer, 1908.

Appel u. Westerdijk (1), Die Pilzkrankheiten der Kulturpflanzen und ihre Bekämpfung. Berlin, Gebr. Bornträger; erscheint 1914.

Appel u. Wollenweber (1), Grundlagen einer Monographie der Gattung Fusarium (Link). Arb. a. d. Kais. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft, Bd. VIII. 1910.

Babiy, J. (1), Über das angeblich konstante Vorkommen von Jod im Zellkern. Ber. d. Deutschen Bot. Ges., Bd. XXXI, S. 35. 1913.

Bade, E. (1), Die Praxis der Aquarienkunde (Süßwasseraquarium, Seewasseraquarium). Mit 185 Textabbildungen, 9 schwarzen und 1 Farbentafel. 203 Seiten. Magdeburg, Creutzsche Verlagsbuchhandlung.

Bary, A. de (1), Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig 1884.

—, vergl. Abschnitt Flechten.

Bauer, Dr. Ernst (1), Musci europaei exsiccati. Die Laubmoose Europas. Selbstverlag, Prag-Smichow, Palackygasse 43.

Behrens, W. (1), Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten. 4. Aufl., von E. Küster. Leipzig, S. Hirzel, 1908.

Beijerinck (1), Über Spirillum desulfuricans als Ursache von Sulfatreduktionen. Cbl. f. Bakt., II. Abt. 1895, Bd. I, S. 1.

— (2), Schwefelwasserstoffbildung in den Stadtgräben und Aufstellung der Gattung Aerobacter. Cbl. Bakt., II. Abt. 1900, Bd. VI, S. 193.

Benecke, Wilh. (1), Bau und Leben der Bakterien. B. G. Teubner, 1912.

— (2), Über Bacillus chitinovorus, einen Chitin zersetzenden Spaltpilz. Bot. Ztg. 1905.

Bethge, H. (1), Das Havelplankton im Sommer 1911. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1911, Bd. XXIX, S. 496—504.

— (2), Über die Verwendung der Planktonkammer im Unterricht. Monatshefte f. d. naturw. Unterricht 1912, Bd. V, S. 461—465.

Blakeslee, vgl. S. *106* u. *107*.

Blochmann, Fr. (1), Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. Hamburg 1895.

Borodin, J. (1), Über Chlorophyllkristalle. Bot. Ztg. 1882, Bd. XL, S. 608 u. S. 622.

Botkin, vgl. S. *86*.

Brandt u. Apstein, Nordisches Plankton. Von 1901—1909. 12 Lieferungen.

Brauer, A. (1), Die Süßwasserfauna Deutschlands. Eine Exkursionsfauna in ca. 20 Heften, 1909 u. ff.

Brefeld, O. (1), Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, Heft 1, 1872.

Brotherus, Müller, Ruhland u. Warnstorf, Musci (Laubmoose) in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Teil I, 1909.

Bruchmann, H. (1), Über die Prothallien und die Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodien. Gotha, Perthes, 1898.

— (2), Über das Prothallium und die Keimpflanze von Ophioglossum vulgatum L. Bot. Ztg. 1904, Bd. LXII, S. 227—248. Mit 2 Taf.

— (3), Über das Prothallium und die Sporenpflanze von Botrychium lunaria. Flora 1906, Bd. 96, S. 203—230. Mit 2. Taf.

Bruns, Kolkwitz, Schreiber (1), Talsperrenwasser als Trinkwasser. Mitt. a. d. Kgl. Landesanst. f. Wasserhygiene 1913, Heft 17, S. 151—268.

Burgeff, Hans (1), Die Wurzelpilze der Orchideen. Ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Jena 1909.

Burri, vgl. S. *77*.

Bütschli, O. (1), Protozoa in Bronns Klassen und Ordnungen d. Tierreichs. 1. Abt., 1880—1889.

Chodat, R. (1), Algues vertes de la Suisse. 1899. Cultures pures 1913.

Claussen, P. (1), Pflanzenphysiologische Versuche und Demonstrationen für die Schule, 2. Aufl. Leipzig 1910.

Cooke, M. C. (1), Illustrations of british fungi. London 1881—1891.

Correns, C. (1), Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge. Jena, Gust. Fischer, 1899.

Courchet, M. Lucien, Recherches sur les chromoleucites. Ann. d. sc. nat. 1888, 7. sér., Bd. VII. Vgl. S. *12*.

Czapek, Fr. (1), Biochemie der Pflanzen. 2 Bände. Jena 1905.

— Ibidem, Bd. I, 2. Aufl., Jena 1913.

— (2), Zur Biologie der holzbewohnenden Pilze. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1899, Bd. XVII, S. 166—170.

Dengler, A. (1), Eine neue Methode zum Nachweis der Spaltöffnungsbewegungen bei den Koniferen. Mit 1 Tafel und 1 Textfig. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1912, Bd. XXX, S. 452—462.

Depp, N. von, (1), Mittel zur Vermehrung der Daphnien (Daphnia pulex) für die Ernährung der Fischbrut. Blätter f. Aqu. u. Terr.Freunde 1893, Bd. IV, S. 181 bis 183.

Detmer, W. (1), Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum, 4. Aufl. Jena 1912.

Diakonow, N, W., vgl. S. *105*.

Dodel, Arnold (1), Beitrag zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Stärkekörner von Pellionia Daveauana. Flora 1892, Bd. LXXV, S. 267—280.

Dost, K. (1), Die Löslichkeit des Luftsauerstoffes im Wasser. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwässerbes. 1906, Heft 7.

Dunbar (1), Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage, 2. Aufl., 1913.

Ehrenberg, Chr. G. (1), Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Mit Atlas. 1838.

Ehrlich, F. (1), Über die Bedingungen der Fuselölbildung und über ihren Zusammenhang mit dem Eiweißaufbau der Hefe. Ber. d. Deutschen Chem. Ges. 1907, 40. Jahrg., S. 1027—1047.

Eijkman, C. (1), Die Gärungsprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. Cbl. f. Bakt., II. Abt., 1913, Bd. 39, S. 75—80.

Emmerling, O. (1), Die Enzyme. In Roscoe-Schorlemmer, Lehrbuch der Chemie, IX., Organ. Chem. 1901.

— (2), Die Zersetzung stickstoffreier organischer Substanzen durch Bakterien. Braunschweig 1902.

Engler, A. u. Gilg, E. (1), Syllabus der Pflanzenfamilien. Mit Abb. Berlin, Gebr. Bornträger, 1913.

Engler-Prantl (1), Die natürlichen Planzenfamilien. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1889—1909.

Eriksson, Jacob (1), Die Pilzkrankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Deutsch von Grevillius. Leipzig 1913.

Esser, Dr. P., Das Pflanzenmaterial für den botanischen Unterricht, 2. Aufl. Verlag u. Druck von J. P. Bachem, Köln 1903.

Euler, H. (1), Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie, Teil 1 (1908), Teil 2 (1909) u. Teil 3, Die chemischen Vorgänge im Pflanzenkörper (1909), S. 128ff.

Eyferth, Schoenichen, Kalberlah (1), Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches. Naturgeschichte der mikroskopischen Süßwasserbewohner, 4. Aufl., Braunschweig 1909.

Falck, Rich. (1), Die Merulius-Fäule des Bauholzes. Aus A. Möller, Hausschwammforschungen 1912, Heft 6. Jena, Gust. Fischer.

Figdor, vgl. S. *55*.

Fischer, Alfred, Vorlesungen über Bakterien. 2. Aufl., 1903. Jena, Gustav Fischer.

Fischer, Emil (1), Organische Synthese und Biologie, 2. Aufl. Berlin, J. Springer, 1912.

Fischer, Hugo, vgl. Abschnitt Farne.

Flügge, Carl (1), Die Mikroorganismen, 2. Aufl., 1896.

Forel, F. A. (1), Le Léman. Monographie limnologique, Bd. I (1892), Bd. II (1895), Bd. III (1902). Siehe auch: Handbuch der Seenkunde. Stuttgart 1901.

Francé, R. H. (1), Das Edaphon. Untersuchungen zur Ökologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen. München 1913.

Friedenthal, vgl. S. *78*.

Froehlich, Herm., vgl. S. *111*.

Fünfstück u. Zahlbruckner, Lichenes (Flechten). Die natürlichen Pflanzenfamilien von A. Engler. I. Teil. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1907.

Gillet, C. C. (1), Les champignons qui croissent en France. Paris 1878—1896.

Goebel, K. (1), Archegoniatenstudien, I—XIV. Flora, 1892—1913.

— (2), Organographie der Pflanzen. Jena, Gust. Fischer, 1898—1901.

— Ibidem, 2. Aufl., Bd. I, 1913.

Goppelsroeder, Friedr. (1), Kapillaranalyse. Mit 59 Tafeln. Basel 1901.

Gramberg, E., Pilze der Heimat. Schmeils naturwissenschaftliche Atlanten, 2 Bände. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1913.

Grosse-Bohle, H. (1), Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwässerbes. 1906, Heft 7.

Grüß, J. (1), Biologie und Kapillaranalyse der Enzyme. Berlin, Gebr. Bornträger, 1912.

Günther, Carl (1), Einführung in das Studium der Bakteriologie, 6. Aufl., 1906.

Haberlandt, G. (1), Physiologische Pflanzenanatomie, 4. Aufl., Leipzig 1909.

— (2), Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. Pringsheims Jahrb. 1886, Bd. XVII, S. 359—498.

Hartig, Rob. (1), Lehrbuch der Baumkrankheiten. Mit 11 Tafeln. Berlin 1882.
Hedwig, Johann (1), Species muscorum frondosorum. 6 Bände mit 325 farbigen Tafeln. Supplemente von Prof. Fr. Schwägrichen. Leipzig 1801—1842.
Heering, W. (1), Die Süßwasseralgen Schleswig-Holsteins, 2. Teil. Chlorophyceae. Hamburg, L. Gräfe u. Sillem, 1907.
Heim, Ludwig (1), Lehrbuch der Bakteriologie, 4. Aufl. Stuttgart, Ferd. Enke, 1911. Vgl. S. 75.
Hennings, P. (1), Hymenomycetineae. In Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien, I. Teil, Abt. 1**, S. 105. 1900.
Herpell, G. (1), Das Präparieren und Einlegen der Hutpilze für das Herbarium. Verh. d. naturhist. Vereins d. preuß. Rheinlande und Westfalens, 37. Jahrg., 4. Folge 7. Jahrg., Bonn 1880. Vgl. auch Lindau (4).
Herter, W. (1), Pilze. Kryptogamenflora d. Mark Brandenburg, Bd. VI. Berlin, Gebr. Bornträger, 1910 u. ff.
Herzfeld u. Paetow (1), Über die Anwendbarkeit der Fluorverbindungen zur Verhinderung der Inveitzuckerbildung in Zuckersirupen. Ztschr. f. Zuckerindustrie 1891, Bd. XLI, S. 678.
Heymons, Kolkwitz, Lindau, P. Magnus, Ulbrich (1), Richtlinien zur Untersuchung der Pflanzen- und Tierwelt, besonders in Naturschutzgebieten. Conwentz, Naturdenkmäler, Heft 1. Berlin, Gebr. Bornträger, 1913.
Jaeger, H. (1), Die Bakteriologie des täglichen Lebens. In 18 gemeinverständlichen Vorträgen. Hamburg 1909.
Jahn, E. (1), Myxomycetenstudien. Die Keimung der Sporen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1905, Bd. XXIII, S. 489—497.
Janzen, P. (1), Die Jugendformen der Laubmoose und ihre Kultur. 35. Ber. d. Westpr. Bot.-Zool. Vereins. Danzig 1912.
— (2), Funaria hygrometrica. Ein Moosleben in Wort und Bild. Schriften d. Naturf. Ges., Bd. XII. Danzig 1909.
Jellinek, Karl, Das Hydrosulfit. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Herausgegeben von Prof. Dr. W. Herz, Breslau. Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, 1911.
Johnstone u. Croell (1), The Nature printed British Sea Weeds. London 1859—1860.
Jost, L. (1), Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 3. Aufl. Jena 1913.
Junge, Fr. (1), Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft. Kiel 1885.
Kähler, K., Staubmessungen in Potsdam, auf dem Brocken und auf der Schneekoppe. Veröff. d. Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. 1912, S. 137—148.
Keil, Friedr. (1), Beiträge zur Physiologie der farblosen Schwefelbakterien. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, Bd. XI 1912, S. 335—372.
Kerner v. Marilaun (1), Pflanzenleben, 2. Aufl., 1896—1898.
Kienitz-Gerloff, F. (1), Botanisch-mikroskopisches Praktikum. Leipzig 1910.
Kirchner, O. (1), Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süßwassers, 2. Aufl., 1891.
Kirchner, Loew u. Schroeter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, 1906 Bd. I u. ff.
Kisskalt u. Hartmann (1), Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie, 2. Aufl., 1. Teil: Bakteriologie, 1909; 2. Teil: Protozoologie, 1910.
Klebahn, H. (1), Grundzüge der allgemeinen Phytopathologie. Berlin, Gebr. Bornträger, 1912.
— (2), Uredineae. Kryptogamenflora d. Mark Brandenburg, Bd. Va. 1913.
Klebs, G. (1), Über das Verhältnis der Außenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Sitzungsbericht d. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, 1913.
— (2), Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.
Klein, Jos. (1), Organische Chemie, 3. Aufl. Sammlung Göschen, Leipzig 1905.

Klut, Hartwig (1), Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Mit 30 Textfiguren. 2. Aufl. Berlin, J. Springer, 1911.

— (2), Die Härte des Wassers. Pharmazeut. Ztg. 1913, Nr. 79.

— (3), Die Bedeutung der chemischen Wasseruntersuchung für Zentralversorgungen. Das Wasser, Zeitschr. f. d. gesamte Wassertechnik u. Wasserwirtschaft. Leipzig 1913, 9. Jahrg., S. 842.

Knauer-Hollrung (1), Der Rübenbau. Thaer-Bibliothek, 1906, 9. Aufl.

Knauthe, Karl (1), Das Süßwasser, Chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden. Vom fischereilichen Standpunkt aus geschrieben. Neudamm 1907.

Kniep, H. und Minder, F., Über den Einfluß verschiedenfarbigen Lichtes auf die Kohlensäureassimilation. Zeitschr. f. Bot. 1909, Bd. I, S. 619—650.

Knoll, F. (1), Über die Abscheidung von Flüssigkeit an und in den Fruchtkörpern verschiedener Hymenomyceten. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912, Bd. XXX, S. (36)—(44).

Kny, L. (1), Botanische Wandtafeln mit erläuterndem Text. Berlin 1874—1906. Enthält auch zahlreiche physiologische Angaben.

Kolkwitz, R. (1), Pflanzenphysiologische Versuche zu Übungen im Winter. Potoniés Naturwissenschaftl. Wochenschr. 1899, Bd. XIV, Nr. 5—8.

— (2), Über die Atmung der Gerstenkörner. Bl. f. Gersten-, Hopfen- u. Kartoffelbau, Nov. 1901. Vgl. auch Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, Bd. XIX, S. 285.

— (3), Schizomycetes, Spaltpilze, Bacteria. Kryptogamenfl. d. Mark Brandenburg 1909, Bd. V, S. 1—186.

— (4), Quantitative Studien über das Plankton des Rheinstroms, von seinen Quellen bis zur Mündung. Berlin, Hirschwald, 1912. Mitt. a. d. Kgl. Landesanst. f. Wasserhygiene, Heft 16 u. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912, Bd. XXX, S. 205.

— (5), Die Farbe der Seen und Meere. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1910, Bd. XLII, S. 305—317.

Kolkwitz, Reichle, Schmidtmann, Spitta, Thumm (1), Wasser und Abwasser. Mit 111 Abb. u. 3 farb. Tafeln. Leipzig, S. Hirzel, 1911. Vgl. auch Rubner, Handb.

Kolkwitz u. Thiesing, Chemische und biologische Untersuchungen über Talsperren. Mit 112 Abb. im Text u. 11 Tafeln. Berlin, Aug. Hirschwald, 1911.

Kolkwitz, R. u. Marsson, M. (1), Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1908, Bd. 26a, S. 505—519.

— u. — (2), Ökologie der tierischen Saprobien. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 1909, Bd. II, S. 126—152.

König, J. u. Bömer, A. (1), Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genußmittel. 4. Aufl., 2 Bde. Jul. Springer, Berlin 1903—1904.

Krabbe, G. (1), Entwicklungsgeschichte und Morphologie der polymorphen Flechtengattung Cladonia. Leipzig 1891.

Krümmel, O. (1), Handb. d. Ozeanographie 1907—1911, 2 Bde., 2. Aufl.

Kruse, W. (1), Allgemeine Mikrobiologie. Leipzig 1910.

Kuckuck, P. (1), Der Strandwanderer. München, J. F. Lehmann, 1905.

Küster, Ernst (1), Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. Verlag von B. G. Teubner, 1913, 2. Aufl.

— (2), Die Gallen der Pflanzen. Mit 158 Abb. Leipzig 1912.

Kylin, H., vgl. Abschnitt Algen.

Lafar, Franz (1), Handbuch der Technischen Mykologie. 5 Bde., 1904ff.,

Lampert, Kurt (1), Das Leben der Binnengewässer, 2. Aufl. Leipzig 1910.

Leclerc du Sablon (1), Recherches sur la germination des graines oléagineuses. Revue générale de Botanique 1895, p. 150.

— (2), Recherches sur la dissémination des spores chez les cryptogames vasculaires. Ann. d. sc. nat. 1885, VII. sér., Tome II.

Lee, A. B. u. Mayer, Paul (1), Grundzüge der mikroskopischen Technik, 3. Aufl. Berlin, Friedländer u. Sohn, 1907.

Lehmann, K. B. u. Neumann, R. O., Atlas und Grundriß der Bakteriologie, 4. Aufl. München, Verlag von J. F. Lehmann, 1907.

Leick, Erich (1), Untersuchungen über die Blütenwärme der Araceen. Greifswald, Bruncken u. Co., 1910.

— (2), Die Temperatursteigerung der Araceen als blütenbiologische Anpassung. Greifswald, Jul. Abel, 1911.

Lemmermann, E. (1), Algen. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. 1910 u. ff.

Leunis, Joh. (1), Synopsis der Pflanzenkunde. 3. Aufl. von A. B. Frank, Hannover, 1886, Bd. III.

Lilienfeld, Maurice (1), Über den Chemotropismus der Wurzel. Beih. z. Bot. Zbl. 1905, Bd. XIX, Abt. 1, Heft 1, Originalarbeiten.

Limpricht, K. G. (1), Die Laubmoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Leipzig 1885—1904.

Lindau, G. (1), Hilfsbuch für das Sammeln parasitischer Pilze. Berlin, Gebr. Bornträger, 1901.

— (2), Die mikroskopischen Pilze. Mit 558 Figuren im Text. Berlin, Jul. Springer, 1912. Aus der Sammlung: Kryptogamenflora f. Anfänger, Bd. II.

— (3), Fungi imperfecti in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, I. Teil. 1900.

— (4), Die höheren Pilze (Basidiomyceten). Mit 607 Figuren im Text. Berlin, Jul. Springer, 1911. Aus der Sammlung: Kryptogamenflora f. Anfänger, Bd. I.

— (5), Die Flechten. Mit 306 Figuren im Text. Berlin, Jul. Springer, 1913. Aus der Sammlung: Kryptogamenflora f. Anfänger, Bd. III. Bezüglich der Moose vgl. Lorch.

Lindner, P. (1), Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, 5. Aufl., 1909. Dazu Atlas, 2. Aufl., 1910.

— (2), Atlas der mikroskopischen Grundlagen der Gärungskunde, 2. Aufl., 1910.

Lindroth, Ivar (1), Beiträge zur Kenntnis der Zersetzungserscheinungen des Birkenholzes. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. von v. Tubeuf, 1904, Bd. II, S. 393—406.

Linsbauer, L. u. K., Vorschule der Pflanzenphysiologie. Wien 1906.

Lippmann, E. v. (1), Die Chemie der Zuckerarten, 3. Aufl. Braunschweig 1904.

Lister, A. u. G. (1), A monograph of the Mycetozoa, 2. Aufl. London 1911.

Loeske, Leop. (1), Zur Morphologie und Systematik der Laubmoose. Berlin, Verlag von Max Lande, 1910.

— (2), Die Moosvereine im Gebiete der Flora von Berlin. Abh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1900, Bd. XLII, S. 75—164.

Lohmann, K. (1), Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleinster Wasserproben zur Gewinnung desselben in lebendem Zustande. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie 1911, Bd. IV, Heft 1. Vgl. ferner: Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel, 1908, Bd. X, S. 131—370.

Lorch, Wilh. (1), Die Laubmoose. Mit 265 Figuren im Text. Berlin, Jul. Springer, 1913. Aus G. Lindau, Kryptogamenflora f. Anfänger, Bd. V.

Marchal, El. u. Em. (1), Aposporie et sexualité chez les mousses. Bull. Acad. Royal Belgique 1911.

Marsson, M. (1), Die Bedeutung der Flora und Fauna der natürlichen Gewässer für ihre Reinhaltung sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwässerbes. 1910, Heft 14.

Mathuse, Otto (1), Bau und Lebenstätigkeit der Pflanzen. Wissenschaftl. Beil. z. IX. Jahresb. des Jahn-Realgymn. zu Boxhagen-Rummelsburg. Ostern 1912.

Matzdorff, C. (1), Biologie. Mit 300 Abb. im Text, 18 ein- und mehrfarbigen Tafeln und 3 farbigen Karten. Breslau, F. Hirt, 1910.

Merz, Alfr. (1), Berliner Seenstudien und Meeresforschung. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1912.

— (2), Die schottische Seenforschung. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1912, Nr. 8.

Mesnard, M. Eugène (1), Recherches sur la formation des huiles grasses. Ann. d. sc. nat., 7 sér., 1893, Tome XVIII.

Meyer, Arthur (1), Erstes mikroskopisches Praktikum, 2. Aufl. Jena 1907.

— (2), Praktikum der botanischen Bakterienkunde. Jena 1903.

Mez, C. (1), Mikroskopische Wasseranalyse, 1898.

— (2), vgl. S. *78*.

Michael, Edm. (1), Führer für Pilzfreunde. Zwickau 1902—1909.

Migula, W. (1), Kryptogamenflora. Tafelwerk. Verlag von Köhler, Gera, 1904 u. ff.

Mikrokosmos, Zeitschr. f. prakt. Arbeit auf d. Gebiet d. Naturwissenschaften. Stuttgart.

Minden, M. v. (1), Chytridiineae in Kryptogamenfl. der Mark Brandenburg 1911 u. ff., Bd. V, S. 445—456.

Miyoshi, vgl. S. *94*.

Molisch, H. (1), Die Kristallisation und der Nachweis des Xanthophylls (Karotins) im Blatte. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1896, Bd. XIV, S. 18.

— (2), Leuchtende Pflanzen. Eine physiolog. Studie. 2., verm. Aufl. Jena, G. Fischer, 1912.

— (3), Die Eisenbakterien. Jena, G. Fischer, 1910.

— (4), Die Purpurbakterien. Jena 1907.

— (5), Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena, G. Fischer, 1909.

— (6), Mikrochemie der Pflanze. Jena, G. Fischer, 1913.

Möller, A., Hausschwammforschungen. Jena 1907—1912 u. ff.

Monteverde, N. A. (1), Das Absorptionsspektrum des Chlorophylls. Acta Horti Petropolitani 1893, Bd. XIII, Nr. 9, S. 123.

Müller, Otto (1), Abh. über Kieselalgen in Englers Bot. Jahrb. 1903—1910 u. in Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. I—XIX.

Münch, Ernst (1), Untersuchungen über Immunität und Krankheitsempfänglichkeit der Holzpflanzen. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. von v. Tubeuf, 1909, Bd. VII, S. 54ff.

Nadson, G. A., vgl. S. *5*.

Naegeli, C. v. (1), Untersuchungen über niedere Pilze, 1882.

Nathansohn, A., Allgemeine Botanik, 1912.

Naumann, Einar (1), Über die Ursachen einer braunen Färbung des Wassers in einem Teiche der Fischereiversuchsstation Aneboda in Südschweden. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. 1913.

Nawaschin (1), Über die Sporenausschleuderung bei den Torfmoosen. Flora 1897. Bd. 83, S. 151.

Némec, B., Studien über die Regeneration. Berlin, Gebr. Bornträger, 1905.

— Das Problem der Befruchtungsvorgänge. Berlin, Gebr. Bornträger, 1910.

Nestler, A., vgl. S. *85*.

Nitardy, E. (1), Zur bildlichen Darstellung des Kammerplanktons. Mitt. a. d. Kgl. Landesanst. f. Wasserhyg. 1913, Heft 17.

Nußbaum, M., Karsten, G., Weber, M., Lehrbuch der Biologie für Hochschulen. Leipzig, W. Engelmann, 1911.

Oels, Dr. Walter, Pflanzenphysiologische Versuche, für die Schule zusammengestellt, 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1907.

Ohlmüller, W. u. Spitta, O. (1), Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers, 3. Aufl. Berlin 1910.

Oltmanns, Fr., Morphologie und Biologie der Algen. Jena, G. Fischer, 1904, Bd. I; 1905, Bd II.

Omelianski, vgl. S. *87*.

Oppenheimer, Carl (1), Die Fermente und ihre Wirkungen. 3. Aufl. Leipzig, F. C. W. Vogel, 1909.

Ostenfeld, C. H. (1), Das Plankton der dänischen Meere. Mém. de l'Acad. Royale des sc. et des lettres de Danemark. Kopenhagen 1913.

Osterwald, K. (1), Neue Beiträge zur Moosflora von Berlin. Zugleich ein Verzeichnis sämtlicher im Umkreis von 7 Meilen um Berlin bisher beobachteten Moose. Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1908, Bd. XL, S. 23–48.

Palladin, W. (1), Pflanzenphysiologie. Bearbeitet auf Grund der 6. russischen Auflage. Deutsch bei Jul. Springer, Berlin, 1911.

—, vgl. S. *46*.

Pascher, A. (1), Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Jena, G. Fischer, 1913 u. ff.

Pasteur, L. (1), Die in der Atmosphäre vorhandenen organisierten Körperchen. Prüfung der Lehre von der Urzeugung, 1862. Übersetzt in Ostwalds Klassikern, Nr. 39.

— (2), Etudes sur la bière. Paris 1876.

Paul, H. (1), Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache, nebst einem Anhang über die Aufnahmefähigkeit der Torfmoose für Wasser. Mitt. Bayr. Moorkulturanst. 1908, Nr. 2.

Penck, Morphologie der Erdoberfläche 1894.

Perrin, J. (1), Die Brownsche Bewegung und die wahre Existenz der Moleküle. Dresden 1910.

Pfeffer, W. (1), Pflanzenphysiologie. Leipzig 1897, 1904.

Pleißner, vgl. Abschnitt Plankton.

Plümecke, O. (1), Zur Biologie mecklenburgischer Gewässer. Arch. f. Hydrobiologie u. Planktonkunde, Bd. IX, 1913/14.

Postels u. Ruprecht, vgl. Abschnitt Algen.

Potonié, H. (1), Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt wie des Torfs, der Braunkohle, des Petroleums usw., 5. Aufl., 1910.

— (2), Eine Landschaft der Steinkohlenzeit. Erläuterung zu der Wandtafel. Leipzig, Gebr. Bornträger, 1899.

Prantl-Pax (1), Lehrbuch der Botanik, 13. Aufl. Leipzig 1909.

Pringsheim, Ernst H. (1), Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen 1912, Bd. XI.

Pringsheim, Hans (1), Über die Vergärung der Zellulose durch thermophile Bakterien. Cbl. f. Bakt., II. Abt. 1913, Bd. 38, S. 513–516.

— (2), Die Variabilität der niederen Organismen. Eine deszendenztheoretische Studie. Berlin, J. Springer, 1910.

Pringsheim, N. (1), Über Sprossung der Moosfrüchte und den Generationswechsel der Thallophyten. Jahrb. f. wissensch. Bot., Bd. XI, 1877.

Prowazek, S. v., Einführung in die Physiologie der Einzelligen (Protozoen). B. G. Teubner, 1910.

Raulin (1), Etudes chimiques sur la végétation. Ann. d. sc. nat., 5. sér., 1869, Tome XI, p. 201.

Regnard, P., La vie dans les eaux. Paris, G. Masson, 1891.

Reinke, J., vgl. S. *17*.

Richter, O. (1), Die Ernährung der Algen. Monographien u. Abhandlungen z. Int. Rev. 1911.

— (2), Reinkulturen der Diatomeen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1903, Bd. XXI, S. 493 bis 506.

Ricken, Adalbert(1), Die Blätterpilze (Agaricaceae). Leipzig, Osw. Weigel, 1910 u. ff.

Rubner, v. Gruber u. Ficker (1), Handbuch der Hygiene, Leipzig, S. Hirzel, 1911, Bd. II, 2. Abt. Wasser u. Abwasser.

Rühe, F. E. (1), Monographie der Daphniden Deutschlands und der benachbarten Gebiete,

I. Monographie des Genus Bosmina.

A. Bosmina coregoni im baltischen Seegebiet. 4°. Leipzig 1912. W. Klinkhardt.

Ruhland, W. (1), Untersuchungen über die Kohlenhydratstoffwechsel von Beta vulgaris (Zuckerrübe). Jahrb. f. wiss. Bot. 1911, Bd. L, S. 200—257.

Sachs, Jul. (1), Handbuch der Experimentalphysiologie, 1865.

— (2), Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., 1887.

— (3), Über das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen. Bot. Ztg. 1859, S. 178 mit Taf. VIII.

Scheffer, W. (1), Wirkungsweise und Gebrauch des Mikroskopes und seiner Hilfsapparate. B. G. Teubner, 1911.

Schiemenz, P. (1), Vergleichung der Fruchtbarkeit von Seen und Flüssen. Aus deutscher Fischerei, Uhles-Heft, S. 75—82. Neudamm 1911.

Schiffner, Victor, Prof. (1), Hepaticae europaeae exsiccatae. Selbstverlag, 1901 u. ff.

— (2), Hepaticae (Lebermoose) in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, 1909.

Schimper, F. (1), Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, 2. Aufl. Jena 1908.

Schimper, W. Ph. (1), in Gemeinschaft mit Bruch u. Gümpel, Bryologia europaea Stuttgart 1836—1855. Suppl. 1864—1866. Mit 680 Tafeln.

— (2), Mémoire pour servir à l'histoire naturelle des Sphaignes (Sphagnum L.). Paris 1857. Mit 24 Tafeln.

Schindler, B. (1), Über den Farbenwechsel der Oscillarien. Zeitschr. f. Bot. 1913, Bd. V, S. 497.

Schlechtendal, R. v., Die Gallbildungen (Zoocecidien) der deutschen Gefäßpflanzen. Zwickau 1891. Aus d. Jahresber. d. Ver. f. Naturk. zu Zwickau f. d. Jahr 1890, besonders abgedruckt. Enthält leicht benutzbare Bestimmungstabellen.

Schleichert, F., Anleitung zu botanischen Beobachtungen und pflanzenphysiologischen Experimenten. Unter Zugrundelegung von Detmers Pflanzenphysiol. Praktikum, 7. Aufl., 1909. Langensalza, H. Beyer u. Söhne.

Schlumberger, Otto (1), Familienmerkmale der Cyatheaceen und Polypodiaceen und die Beziehungen der Gattung Woodsia und verwandter Arten zu beiden Familien. Flora 1911, Bd. CII, S. 383—414.

Schmeil, O. (1), Leitfaden der Botanik, 51. Aufl. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1913.

— (2), Naturwissenschaftliche Atlanten. Eugen Gramberg, Pilze der Heimat. Quelle u. Meyer, Leipzig, 1913, 2 Bände.

Schmid, B., Biologisches Praktikum für höhere Schulen 1909. Mit 75 Abb. u. 9 Tafeln,

Schmidt, R. H. (1), Über Aufnahme und Verarbeitung von fetten Ölen durch Pflanzen. Flora 1891, S. 360.

Schoenichen, W. (1), Das biologische Schullaboratorium. Vorschläge und Mitteilungen aus der Praxis. Mit 31 Abb., 67 Seiten. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1910.

— (2), Einführung in die Biologie. Ein Hilfsbuch für höhere Lehranstalten und für den Selbstunterricht. Mit 6 farbigen Tafeln und zahlreichen Abbildungen im Text. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1910.

Schrodt, J., Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien. Flora 1887, S. 177. Vgl. auch Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1897.

Schroeter, C. (1), Das Pflanzenleben der Alpen. Eine Schilderung der Hochgebirgsflora. Zürich, Verlag von Alb. Raustein, 1908.

Schroeter, J., Pilze in F. Cohns Kryptogamenflora von Schlesien, Bd. III. Breslau 1889.

Schulz, Georg E. F., Natururkunden. Biologisch erläuterte photographische Aufnahmen frei lebender Tiere und Pflanzen. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1908 u. ff.

Schulze, Paul (1), Studien über tierische Körper der Karotingruppe. Sitzungsber. d. Ges. naturf. Frde. 1913, S. 1—22. Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.

Schwalbe, Carl G. (1), Die Chemie der Zellulose unter besonderer Berücksichtigung der Textil- und Zellstoffindustrie. Berlin, Gebr. Bornträger, 1911.

Schwendener, S. (1), Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik, bearbeitet und herausgegeben von C. Holtermann. Leipzig 1909.

— (2), Untersuchungen über den Flechtenthallus. Nägelis Beitr. z. wissensch. Botanik, Heft 2—4. Leipzig 1860; München 1862.

— (3), Die Algentypen der Flechtengonidien. Basel 1869.

Seligo, A., Hydrobiologische Untersuchungen. Kommissionsverlag von L. Saunier in Danzig, 1890 u. ff.

Selk, H. (1), Beitr. z. Kenntnis d. Algenflora d. Elbe u. ihres Gebietes. Jahrb. d. Hamb. Wiss. Anst. 1907, Bd. XXV.

Servettaz, C. (1), Recherches expérimentales sur le développement et la nutrition des mousses en milieux stérilisés. Ann. d. sc. nat. Bot. 9. sér., 1913, t. 17, p. 111—224.

Smalian, Grundzüge der Pflanzenkunde. Leipzig, Verlag von G. Freytag.

Sorauer, P. (1), Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2 Bände, 3. Aufl., 1909.

Spitta, O. (1), Die Wasserversorgung. In Kolkwitz, Reichle, Schmidtmann, Spitta, Thumm, Wasser und Abwasser. Leipzig, S. Hirzel, 1911. Zugleich Bd. II, 2 von Rubner, Handbuch der Hygiene.

Stahl, Ernst (1), Zur Biologie des Chlorophylls. Laubfarbe und Himmelslicht, Vergilbung und Etiolement. Jena 1909.

— (2), Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894, Bd. LII, S. 117—146.

Steinbrinck, C. (1), Der Öffnungs- und Schleudermechanismus des Farnsporangiums. Ber. d. Deutsch. Bot Ges. 1897.

Steuer, Adolf (1), Planktonkunde. Leipzig und Berlin 1910.

Stoklasa, Julius, Biochemischer Kreislauf des Phosphat-Ions im Boden. Jena, G. Fischer, 1911.

Strasburger, Ed. u. Koernicke, Max (1), Das Botanische Praktikum, 5. Aufl. Jena 1913.

Strasburger, Noll, Schenck, Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 12. Aufl. Bearb. von Fitting, Jost, Schenck, Karsten. Jena, G. Fischer, 1913.

Tangl, Ed. (1), Über offene Kommunikationen zwischen den Zellen des Endosperms einiger Samen. Pringsheims Jahrb. 1879—81, Bd. XII, S. 170—190, mit Taf. V und VI.

Ternetz, Charlotte, vgl. S. *111*.

Thumm, K. (1), Über Anstalts- und Hauskläranlagen. Ein Beitrag zur Abwasserbeseitigungsfrage. 2. Aufl. Berlin, Verlag von Aug. Hirschwald, 1913.

Tieghem, Ph. van (1), Recherches physiologiques sur la germination. Ann. d. sc. nat. 1873.

Tobler, G. u. F. (1), Zur Bildung des Lycopins und über Beziehungen zwischen Farb- und Speicherstoffen bei Daucus. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912.

— F. (2), Zur Ernährungsphysiologie der Flechten. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1911, Bd. 29, S. 3.

Traube, Moritz (1), Gesammelte Abhandlungen. Berlin, Verlag von Mayer u. Müller, 1899.

Tswett, vgl. S. *12*.

Tubeuf, C. v. (1), Holzzerstörende Pilze und Haltbarmachung des Holzes. Lafars Handb. d. Techn. Mykologie, Bd. III, 1904—1906.

Vöchting, Herm. (1), Organbildung im Pflanzenreich, 1879.

Vogel, Müllenhoff, Röseler (1), Leitfaden für den Unterricht in der Botanik, 21. Aufl., 1902.

Voigt, Max (1), Die Praxis der Naturkunde, 2 Bde. Leipzig, Dieterichs Verlag, 1913,

Volk, R. (1), Hamburgische Elbuntersuchung, 1901—1908. Mitt. a. d. Naturhist. Museum in Hamburg.

Vries, H. de (1), Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot. 1884, Bd. XIV.

— (2), Wachstumsgeschichte der Zuckerrübe. Landwirtsch. Jahrb. 1879, Bd. VIII, S. 417.

Wagner, Maximilian, 100 physiologische Schulversuche über das Leben der Gemüsebohne. Leipzig, B. G. Teubner, 1912.

Warming, Eug. (1), Oecology of plants. Oxford 1909.

Warnstorf, C. (1), Moose, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Berlin, Gebr. Bornträger, 1903 u. 1906.

Wesenberg-Lund (1), Plankton investigations of the danish lakes. Spezieller Teil (1. Text, 2. Tafeln). Kopenhagen 1904. Allgemeiner Teil, 1908. Dieses Werk ist nach den Angaben des Verfassers als planktologisches Pendant zu Forels limnologischer Monographie über den Genfer See zu betrachten.

West, W. u. West, G. S. (1), A monograph of the British Desmidiaceae. The Ray Society, Vol. I—III. London 1904—1908.

Wettstein, R. v. (1), Handbuch der systematischen Botanik, 2. Aufl. Leipzig u. Wien, 1911.

Wilhelmi, Jul. (1), Die makroskopische Fauna des Golfes von Neapel, vom Standpunkte der biologischen Analyse des Meerwassers. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwässerbes. 1912, Heft 16, S. 47—166. Mit 78 Textfiguren.

Will, H. (1), Beiträge zur Kenntnis rotgefärbter niederer Pilze. Cbl. f. Bakt., II. Abt., 1912, Bd. XXXV, S. 81—118.

Wille, N. (1), Conjugatae und Chlorophyceae in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, I. Teil. Leipzig 1897.

Willstätter, Rich. (1), Untersuchungen über Chlorophyll. Liebigs Annalen der Chemie 1907, Bd. 358, S. 267 u. folg. Bände.

Willstätter u. Stoll (1), Untersuchungen über Chlorophyll. Methoden u. Ergebnisse. Berlin, Verlag von Jul. Springer, 1913.

Winkler, L. W., vgl. Abschnitt Plankton.

Winogradsky (1), vgl. S. *93*.

— (2), Recherches sur les organismes de la nitrification. Ann. de l'Institut Pasteur 1890. Erste Abhandlung.

Woltereck, R. (1), Internationale Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, 1908 u. ff.

Wossidlo, Leitfaden der Botanik. Berlin, Weidmannscher Verlag.

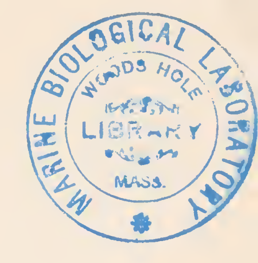
Wünsche, Otto (1), Die Kryptogamen Deutschlands. Leipzig, B. G. Teubner, 1875,

Zacharias, O. (1), Archiv f. Hydrobiologie u. Planktonkunde.

— (2), Das Süßwasserplankton. Aus Natur und Geisteswelt, 2. Aufl. B. G. Teubner, 1911.

Zimmermann, A. (1), Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.

Zopf, Wilh. (1), Die Pilze. In Schencks Handb. d. Bot., Bd. IV., 1890.



Register.

Abbe, Kondensor 66.
—, Zeichenapparat 65.
Abendlichtnelke, hygroskopische Kapseln 20, **22**, 223.
—, Saftleitung in Blüten 55.
Abschlagapparat 197.
Absitzbecken 83.
Absorptionsspektrum des Chlorophylls 10.
Abwasser, Seston 183.
Acacia lophanta, Schlafstellung der Blätter 21.
Acer platanoides, Blattkrankheit 113, Taf. IV.
Aceton 9, 103.
Achlya, fakult. Parasitismus 108.
Acilius sulcatus 179, Taf. VIII.
Acineta grandis, Nahrung 173, Taf. VIII.
Actinastrum hantzschii, Plankton 155, Taf. VII.
Actinophrys sol 170, Taf. VIII.
Actinosphaerium eichhorni 170, Taf. VIII.
Adhäsionskultur nach Lindner 101.
Aecidiosporen, Farbe 12.
—, Rostpilz 115.
Aecidium berberidis 112, **115**, Taf. IV.
Aërotaxis bei Spermatozoiden 162.
Aethalium septicum, Lebensweise 67.
Agar, Stichkulturen 74.
—, Strichkulturen 74.
Agaricus campestris 124.
— melleus 126, Taf. V.
Agrion puella 178, Taf. VIII.
Agrostemma 223.
Ahorn, Blattkrankheit 113, Taf IV.
Albugo candida 111, **112**, Taf. IV.
Alburnus lucidus 179. Taf. VIII.
Aldrovandia vesiculosa 47.
Algen, an Bäumen 137.
—, auf Erde 137.
—, mixotrophe Ernährung 137.
—, Ökologie 137.
—, Reinkulturen 137.
—, Sägespan- 141, Taf. VII.
—, System 137.
Algenfresser 167.
Aleuronkörner 39.
Alisma plantago 166.
Alkoholgärung 103.
Allium, Reservezellulose 37.
—, Zucker in der Zwiebel **28**, 38.
Amanita mappa 127, Taf. V.
— muscaria 127.
— pustulata 127.
— rubescens 127.
— umbrina-pantherina 127.
Amaurochaete atra 69.
Amaurosporeae 124.
Amblystegium riparium 216.
Amicia zygomeris, Schlafstellung der Blätter 21.
Aminosäuren 200.
—, bei Russula 123.
—, Gärung 103.
—, in Gewässern 200.
Ammoniakverb. d. Fettsäuren 200.
Ammoniummolybdat, Phosphornachweis 38.
Ammoniumphosphat, Chemotropismus 54.
Amoeba proteus 169, Taf. VIII.
Amöben, Fundorte 70.
—, Kultur 70.
Amorpha fruticosa, Schlafstellung der Blätter 21.
Ampelopsis, Ranken 22.
Amphipleura pellucida 150, Taf. VII.
Amphora ovalis 150, Taf. VII.
Amyloid 37.
Anabaena Species 141, Taf. VII.
Anaërobe Atmung 46, 103.
—, Bakterien 86.
—, Würmer 173.
Anastigmatlupen 63, Taf. X.
Ancylistineen 113.
Andreaea petrophila 211, Taf. XII.
Annulatae 124, 126, Taf. V.
Annulus der Sporangien 221.
Anodonta mutabilis 175.
Anpassung, Halophyten 57.
—, Wasserpflanzen 52.
—, Wüstenpflanzen 52.
—, Xerophyten 57.
Antheridien, Aspidium 228.
Anthocyan 12, **17**, 23.
Anthophysa, Lebensweise 170, Taf. VIII.
Anuraea aculeata 175, Taf. VIII.
— cochlearis 175, Taf. VIII.
Apfel, Zuckernachweis 28.
Apfelsäure, Chemotaxis 230.
—, Zuckerrübe 25.
Apfelsine, Zuckernachweis 28.
Aphanizomenon flos aquae 141, Taf. VII.
Aphanomyces 108.
Aplanatlupen 63.
Apochromatobjektive 66.
Apodya lactea 108, **165**, Taf. VII.
Apothecien 134.
Apposition, Wachstum 32.
Arabinose 27.
Arcella vulgaris, Vorkommen 169, Taf. VIII.
Archegonien der Farne 229.
Arion subfuscus, Pilzfresser 117.
Armillaria mellea 126, Taf. V.

Armleuchtergewächse 166.
Arsennachweis durch Penicillium 110.
Arthrospira 140, Taf. VII.
Arum maculatum, Wärmebildung 45.
Ascomycetes 107, 117.
Asellus aquaticus 176, Taf. VIII.
Askogene Hyphen 131.
Askus-Hymenien 131.
Asparagin in Lupinus 42.
—, Nahrung der Hefen 101.
— in Zuckerrübe 25.
Aspergillus niger 107, **109**.
Aspidium filix mas 221.
Asplanchna, Nahrung 174, Taf. VIII.
Asplenium bulbiferum 230.
Assimilation 3.
—, Gewebe 6.
—, Stärke 31.
—, Wirkung der Spektralfarben 8.
Assimilationslamellen 215.
Asterionella, Assimilation 149, Taf. VII.
Astmoos 217.
Atemnot durch Sauerstoffmangel 44, 201.
Atemwurzeln, Funktion 58.
Atmosphärendruck osmotisch wirksamer Lösungen 24.
Atmung 43 ff.
—, Nachweis 44.
—, intramolekulare 45.
—, Wärmebildung 45.
—, anaërobe 46, 103.
Atriplex litorale 58.
Atrosporeae 121.
Augenfleck der Flagellaten und Schwärmer 12, 145.
Austrocknen der Moose 217.
Ausziehstock 195, Taf. X.
Autonome Bewegungen 21.
Autotrophe Ernährung **47**, 82, 94.
Azeton, siehe Aceton.
Azotobacter 86, **142**, Taf. VII.

Bacillaria paradoxa, Bewegung 151.
Bacillariales 146.
Bacillus amylobacter 85.
— calfactor 86.
— cellulosae methanicus 86.
— subtilis **85**, 142, Taf. VII.
Bacteriopurpurin 12.
Bacterium aceti 80.
— chitinovorum 121.
— coli 77, **81**.
— denitrificans 82.
— fluorescens 6, **87**, Taf. VII.
— gelaticum 74.
— lactis acidi 81.
— nitrobacter 5, **82**.
— phytophthorum 81, 111, **112**.
— prodigiosum 82.
— radicicola 84.
— termo 82.
— tuberculosis 77, **84**.
— typhi 81.
— violaceum 87.
— vulgare 82, Taf. VII.
— xylinum 80.
Baeyers Hypothese 4.
Bakterien, Begeißelung 78.
—, Färbung 77.
—, Filter 73.
—, Fundorte 71, 72.
—, Kultur 74ff.
—, sauerstoffempfindliche 6.
—, System 78.
Bakterienfresser 167.
Bakteroiden 84.
Balanophora dioica 49.
Bandflechte 133, Taf. VI.
Barbula unguiculata 212.
Bärklaue 11.
Bartflechte 133, Taf. VI.
Bärtierchen 178, Taf. VIII.
Bartmoos 212.
Barytlauge, Kohlensäurenachweis 44.
Basidien bei Russula 122.
Basidiomycetes 112, 117ff.
Batrachium, Hydrophyt 58.
Batrachospermum moniliforme, Farbe 162.
Baumfarne 220.
Baumwollfaser 202.
Baumzerstörende Pilze 114, 120.
Becherflechte 132, Taf. VI.
Becherpilz, Peziza 118.
Becherrost 115.
Beggiatoa alba 71, **94**, Taf. VII.
— mirabilis 95.
Begonia, Gewebespannung 20.
Beijerinckische Methode, Diastasewirkung 35.
Bellis perennis, Öffnen und Schließen der Blütenköpfe 22.
Benthos 180.
Berberitze, Aecidien des Rostpilzes 115.
Berkefeldfilter 73.
Besenmoos 211, Taf. XII.
Beta vulgaris 25.
Betain, Zuckerrübe 25.
Betula, Blutungsdruck 55.
—, Saft 30, 55.
Beugungsbilder 66.
Bewegung, autonome 21.
— der Chlorophyllkörner 9.
— durch mechanische Reize **20**, 21, 224.
—, heliotaktische 9.
—, nyktitropische 20.
Bierwürzegelatine 74.
Billbergia horrida 53.
Bio-Oxydation 200.
Bio-Reduktion 200.
Biologische Selbstreinigung 199.
Biologische Tropfkörper 83.
Birke, Blutungsdruck 55.
—, Saft 30, 55.
Birne, Zuckernachweis 28.
Biuretreaktion, Eiweißnachweis 39.
Bläschenmethode, Assimilationsnachweis 7.
Blasentang 161.
Blattflechten 132.
Blattschimmel 113.
Blattstruktur, mikroskopische 6.
Bleischutz, biologischer 92.
Blüten, Farbstoffe 12.

Blüten, Öffnen und Schließen 20, **22**.
Blutkörperchen, Osmose 24.
Bodensee, Plankton 187.
Bodo ovatus in Aufgüssen 170, Taf. VIII.
Boletus bulbosus (=edulis) 120, Taf. V.
— castaneus 120.
Borodinsche Methode für Chlorophyllkristalle 11.
Bosmina, Plankton 177, Taf. VIII.
Botrychium lunaria 225.
Botryococcus braunii, a. d. Oberfl. schwimmend 154.
Botrytis cinerea 107, **110**.
Bouillonkulturen 74.
Bovist, Bauchpilz 128.
—, Schleimpilz 68.
Brachionus urceolaris 174, Taf. VIII.
Brachsenkraut 166, Taf. VII.
Brachythecium, unterdrückt Gras 216, Taf. XII.
Brandpilz 115.
Brassica, Atmung 43.
Braunalgen 158.
Brettwurzeln 59.
Brownsche Molekularbewegung 30, 151.
Brunnenfaden 88, 89.
Bryonia alba, Ranken 22.
Bryophyllum calycinum 231.
Bryophyta 205.
Bryum argenteum 214, Taf. XII.
— capillare 217.
Buchnerscher Apparat für Anaërobenkultur 86.
Buchweizen, Eiweißsynthese 42.
Burmannia, Saprophyt 47.
Burri, Bakterienfärbung 77.
Buttersäure, Bazillus 85.
—, Gärung 86.
Buxbaumia, Lebensweise 215, Taf. XII.
Bythinia tentaculata 175, Taf. VIII.

Calanus, Plankton 176.
Callidina elegans 174, Taf. VIII.
Callitriche vernalis 167.
Calophyllum 59.
Calothrix 135.
Caltha, Hydrophyt 58.
Calystegia dahurica, autonome Sproßbewegung 21.
Canarium 59.
Cantharellus cibarius 121.
Canthocamptus, Lebensweise 176.
Capsella bursa pastoris, Wirtspflanze des weißen Rostes 112, Taf. IV.
Carchesium lachmanni α m 172, Taf. VIII.
Carex vulgaris 167, **193**.
Catharinea undulata 215.
Cattleya, Keimling 48.
Caulerpa 158.
Cellulose, siehe Zellulose.
Ceramium rubrum, Farbe 164.
Ceratium hirundinella, Schwalbenschwanzalge 146, Taf. VII.
Ceratium tripos 79, **146**, Taf. VII.
Ceratodon purpureus, Lebensweise 211, Taf. XII.
Ceratophyllum demersum 167, Taf. VII.
Ceratopogon communis 179, Taf. VIII.
Cetraria islandica 133.
Chaetoceras whighamii, Gallerthaut 148.
Champignon 124.
—, Brut 126.
—, Fliege 126.
—, Haus 125.
Chantransia chalybaea 163, Taf. VII.
Chara foetida, Kalk 166.
— fragilis 193.
Chara, Plasmaströmung 8.
Chemotaxis bei Chromatium 96.
— bei Farnen 230.
— bei Fuligo 67.
Chemotropismus bei Wurzeln 53.
Chenopodium enthält Nitrate 27.
Chilodon cucullulus 171, Taf. VIII.
Chinesische Tusche, Bakterienfärbung 77.
—, Molekularbewegung 31.
—, Oscillatoria-Bewegung 140.
Chironomus 179, Taf. VIII.
Chisocheton (Meliaceae) 59.
Chitinrest 202.
Chlamydomonas species, pro 1 ccm 154, Taf. VII.
Chlamydosporen bei Hefen 98.
Chlamydothrix 89, **90**.
—, Fundort 71.
Chloralhydrat, Stärkenachweis 31, 163.
Chlorella, Menge 186.
—, Spezies 155.
Chloride, Bestimmung 190.
—, im Wasser 190.
Chlorobium limicola 5.
Chlorophyll 3ff.
— als Sensibilisator 5.
—, Extraktion 9.
—, Fluoreszenz 9.
—, inaktives 5.
—, Kapillaranalyse 10.
—, kolloidales 11.
—, Komponenten 11.
—, Körner 8, 214, 231.
—, Kristalle 10.
—, Lösung 9.
—, Spektrum 10.
—, Zerlegung 10.
—, Zersetzung 9, 10.
Chlorophyllase 11.
Chlorophyllid 11.
Chloroplasten 11, 214.
Chlorzahlen 190.
Chromatium okenii 71, **95**, Taf. VII.
—, Farbstoff 12, 13.
— weissii 95.
Chromatophoren 7.
Chromulina rosanoffii 144.
Chroococcus limneticus 139, Taf. VII.
Chrysomonadales 143.
Chrysophansäure 133.
Chydorus sphaericus 177, Taf. VIII.
Chytridiaceae 70.
Chytridineen 113.
Chytridium olla 113, 157.
Cirkulationsbewegung bei Tradescantia 8.

Cladonia macilenta 132, Taf. VI.
— pyxidata 132, Taf. VI.
— rangiferina 131.
— squamosa 131.
— stellata 130.
Cladophora, Assimilation 4.
—, Vorkommen und Kultur 157, Taf. VII.
Cladosporium herbarum 76, 104, **110**.
Cladothrix dichotoma 93, Taf. VII.
Clathrocystis 139.
Clavaria botrytis 119.
—, pistillaris 119, Taf. V.
Claviceps purpurea 112, **115**, Taf. IV.
Clematis vitalba, Ranken 22.
Clivia nobilis, Karotin 13.
Cloë diptera 178, Taf. VIII.
Clonothrix 89.
—, Fundort 71.
Closterium acerosum 186.
Closterium, Spezies 151, Taf. VII.
—, Tanzstübchen 31.
Cobaea scandens, Krallenranken 22.
Coccolithen 144.
Coccolithophoridae 189.
Cocconeis pediculus, Schildlaus-Kieselalge 149, Taf. VII.
Cocos nucifera, Zuckernachweis 28.
Coelastrum microporum 186.
Coffea, Reservezellulose 37.
Coleps hirtus, Lebensweise 171, Taf. VIII.
Collema pulposum 135.
Collybia tuberosa 123.
Colpidium colpoda, Lebensweise 171, Taf. VIII.
Colurus species 174, Taf. VIII.
Compositen, Inulin 31.
Conferva bombycina 156, Taf. VII.
Coniocybe chlorina 136.
Convolvulus sepium, autonome Sproßbewegung 21.
Coprinus atramentarius 121.
— campanulatus 121.
— comatus 121.
— stercorarius 121.
Corallina officinalis, Kalk 164.
Coralliorrhiza innata 47.
Cordyceps militaris 112, **114**, Taf. IV.
Corethra plumieornis 179, Taf. VIII.
Corixa striata 178, Taf. VIII.
Coronilla varia, Schlafstellung der Blätter 21.
Cortinarius, Schleim 124.
Cosmarium botrytis, reingrün 151, Taf. VII.
Crenothrix, 88, 89, 90.
—, Fundort 71.
Crocus, Öffnen und Schließen der Blüten 22.
Cruciferen, Nährpflanzen der Plasmodiophora 69.
—, Nährpflanzen des weißen Rostes 112.
Crucigenia rectangularis 186.
Crustacea 176.
Cryptomonadales 144.
Cryptomonas, Lebensweise 144, Taf. VII.
Cucumis sativus, Ranken 22.
Cucurbita pepo, Ranken 22.
—, Öl in Samen 38.
Culex pipiens 179, Taf. VIII.
Cuscuta europaea 49, 50.
Cyanophyceae 140.
Cyanophyll 10.
Cycadeen, Nostor 140.
—, Spermatozoiden 231.
Cyclanthera explodens, Ranken 22.
Cyclas 175, Taf. VIII.
Cyclops leuckarti 176, Taf. VIII.
Cyclotella kuetzingiana 186.
Cymatopleura solea 151, Taf. VII.
Cymbella lanceolata, Gallertstiele 150, Taf. VII.
Cyphoderia, Schale 169, Taf. VIII.
Cypris fusca 177, Taf. VIII.
Cystiden bei Russula 122.
Cystococcus in Flechten 130.
Cystokarpien 163.
Cystopus candidus 111, **112**, Taf. IV.
Cytase, Wirkung 120.

Dampftopf 74.
Daphnia pulex, Nahrung 177, Taf. VIII.
Darlingtonia californica 47.
Darmalge 156.
Daucus carota, Glukosenachweis 29.
—, Karotin 12.
—, Osmose 14.
—, Pilzkrankheit 116.
—, Zuckernachweis 29.
Delesseria sanguinea, Stärkeumsatz 164.
Dentaria bulbifera, Brutzwiebeln 230.
Derminus hypni 123, Taf. V.
Desinfektion 73.
Desmidiaceen, zwischen Torfmoos 211.
Desmodium gyrans, Blattbewegung 21.
Detritusfresser 167.
Dextrane bei Cetraria 133.
Dextrangärung 78.
Diageotropismus 21.
Dialyse d. Eiweiß 42.
Diaphanoskop 10.
Diaptomus graciloides, Plankton 176, Taf. VIII.
Diastase 35.
Diatoma elongatum 149, Taf. VII.
Diatomeen, Assimilation 7.
—, Farbstoff 13.
—, Lebensgeschichte 146ff.
—, Reinkultur 147.
—, Typenplatte 65.
Dicranum scoparium 211, Taf. XII.
Dictyosphaerium 188.
Difflugia, Fundorte 70.
— pyriformis 169, Taf. VIII.
Digitalis purpurea, Antheren 23.
Dinobryon Species 144, Taf. VII.
Dionaea muscipula 47.
Diphenylamin, Reaktion auf Nitrate 27, 84.
Diplophrys, α m 170, Taf. VIII.
Diplosiga, passiv planktonisch 170, Taf. VIII.
Diptera 179.
Disaccharide 30.
Dischidia rafflesiana 53.
Distephanus speculum 144, Taf. VII.

Drainröhren 83.
Drainwässer 201.
Drehmoos 213, Taf. XII.
Dreissensia polymorpha 176, Taf. VIII.
Dretsche 198.
Drosera, Halbsaprophyt 47.
—, Kultur 48, 49.
—, Pepsinabsonderung 40.
Drosophyllum lusitanicum 47, 49.
Dunbarsches Enteisenungsfaß 92.
Dunkelfeldbeleuchtung 66.
—, Bakterienbeobachtung 72.
Dyticus marginalis 179, Taf. VIII.

Edaphon 180.
Edinger Zeichenapparat 65.
Eisenbakterien 88ff.
Eisenoxydhydrat 202.
Eiweiß 41ff.
— bei Hefen 99.
—, Dialyse 42.
—, Kristalle 33, 34, **38**.
—, Nachweis **39**, 41.
—, Reaktion 41.
—, Synthese 42ff., **100**ff., 105.
Elastizität der Zellmembran 18, 19.
Elateren, hygroskopisch 223.
Elle (Synedra) 148, Taf. VII.
Elodea, Assimilation 3.
—, Atmung 43.
—, Hydrophyt 58.
—, Karotin 13.
Empusa muscae 111, **112**, Taf. IV.
Emulsion, Fett 40.
endolithisch 135.
Endomyces magnusii 107, **109**.
Endomycetes 98, 109.
Endosmose 15, 19.
Endosperm bei Ricinus 38.
Engelmanns Bakt. Methode 6.
Enteisenung 88, 91.
Enteisenungsfaß 92.
Enteromorpha intestinalis 156.
Enzymwirkungen bei Schimmelpilzen 106.
Eosinlösung, Nachweis der Saftleitung 55.
Ephebe 135.
Epipogon gmelini, Saprophyt 47.
Epistylis auf Gehäusen v. Schnecken 172, Taf. VIII.
Epithemia turgida auf Wasserpflanzen 150, Taf. VII.
Erfrieren der Pflanzen 18, 152.
Eristalis tenax 179, Taf. VIII.
Ergotinin 114.
Erodium, Grannen 224.
Erythrodextrin 35, 163.
Essigmutter 80.
Essigpilz 80.
Essigsäure, Bakterien 71.
—, Gärung 80.
Etagenmoos 218.
Etiolement 5.
Etiolin 12.
Eucampia-Zellen 188.
Euchlanis dilatata 174, Taf. VIII.
Eudorina elegans 154, Taf. VII.
Eugenia (Myrtaceae) 59.
Euglena acus var. rigida 186.
— viridis 144, Taf. VII.
Euglena, Heliotaxis 9, **145**.
Euglypha alveolata 169, Taf. VIII.
Eumycetes 96ff.
Euphorbia cyparissias, Rostkrankheit 116.
Euplotes charon 172.
Euphrasia officinalis 50.
Evelatae 123.
Evernia prunastri 133, Taf. VI.
Evernsäure 133.
Exkursionsbesteck 198.
Exkursionsmikroskop 198.
Exoascus pruni 112, 113, Taf. IV.
Exobasidium vaccinii 112, **116**, Taf. IV.
Experimentalökologie 199.
Extraktion des Chlorophylls 9.

Fadenwürmer 174.
Farbe, Wasser 184.
Farne 219.
Faulschlamm 219.
Farnsporangien, Mechanismus 23, **222**.
Faulkammer 87.
Fäulnisbakterium 82, Taf. VII.
Fegatella conica 209.
Fehlingsche Lösung, Zuckernachweis 28.
Fermente, fettspaltende 40.
—, oxydierende 120.
—, stärkelösende 36.
Ferrocyankupfermembran 16.
Fett, bei Diatomeen 146.
— bei Hefen 99.
— in Ricinussamen 37.
—, Petroleumbildung 220.
Ficus elastica 6.
Filze, Algen 140.
—, organische 193.
Fingerhut, Antheren 23.
Fingertang 159.
Fischbrut frißt Plankton 179, Taf. VIII.
Fischnahrung 201.
Flechten 130.
—, Band- 133, Taf. VI.
—, Bart- 133, Taf. VI.
—, Becher- 132, Taf. VI.
—, Blatt- 132, Taf. VI.
—, Gallert- 135.
—, Gonidien 140.
—, Krätze- 135, Taf. VI.
—, Kreisblatt- 134, Taf. VI.
—, Krusten- 132.
—, Lackmus- 133.
—, Landkarten- 135, Taf. VI.
—, Manna- 135.
—, Säulchen- 132, Taf. VI.
—, Säuren- 130.
—, Scheiben- 135.
—, Schild- 134, Taf. VI.
—, Schrift- 136.
—, Schüssel- 134, Taf. VI.
—, Standorte 131.
—, Stein- 135.
—, Strauch- 132.
— -Synthese 186.

Flechten, Teller- 135.
—, Verwitterung v. Gestein 132.
—, Wand-, gelbe 133, Taf. VI.
Fleischmuskelfaser 202.
Flieder, Zuckernachweis 28.
Fliegenpilz 127.
Flohkrebs 176, Taf. VIII.
Florideae 162.
Flugbrand d. Hafers 115, Taf. IV.
Fluoreszenz d. Chlorophylls 9.
Fluoreszierender Spaltpilz 87.
Flußplankton 188, 205.
Fontinalis antipyretica 4, **166**, 193, 216, Taf. VII.
Formaldehyd, Assimilationsprodukt 4.
Fragilaria capucina, Bänder 148, Taf. VII.
— crotonensis 148, Taf. VII.
Froschbiß 167, Taf. VII.
Froschlaichalge 162.
Froschlaichpilz 78.
Froschlöffel 166.
Fruktose in Zuckerrübe 25.
Frullania dilatata 210.
Fuchsia, Wurzeldruck 55.
Fucus serratus, Spermatozoiden 162.
—, vesiculosus, Befruchtung 161.
Fuligo varians 67.
Funaria hygrometrica 9, **213**, Taf. XII.
Fungi 96.
Fusarium aquaeductuum 142, 164, Taf. VII.
Fusicladium dendriticum 116.
— pirinum 116.

Galaktane bei Cetraria 133.
Galeopsis tetrahit, Chlorophyll 11.
Galera hypni 123, Taf. V.
Gallenbildungen 70.
Gallertflechte 135.
Gallionella 89.
—, Fundort 71.
Gammarus pulex 176, Taf. VIII.
Gärflasche 101.
Gärmethode, Zuckernachweis 29.
Gärung, Alkohol- 102ff.
—, Buttersäure- 86.
—, Dextran- 78.
—, durch Bakterien 80ff.
—, durch Hefen 102ff.
—, Essigsäure- 80.
—, Methan- 87.
—, Milchsäure- 81.
—, Salpeter- 82.
—, Schwefelwasserstoff- 94.
Gebirgswässer, Plankton 183, 187.
Geißeln, Bakterien 72, 87, Taf. VII.
—, Färbung 77, 145.
Gelatine, Plattenkulturen Taf. II.
—, Rollkulturen 74.
—, Stichkulturen 74.
—, Strichkulturen 74.
Gelbrand 179, Taf. VIII.
Gelenkpolster, Mechanismus 20.
Generationswechsel 230, 231.
Geotropismus bei Wurzeln 52.
Gerbsäure in Zuckerrüben 25.
Gerstenkörner, Atmung 43.
—, transitorische Stärke 32.
—, Wärmeentwicklung bei Atmung 45.
Getreiderost 115, Taf. IV.
Gewebespannung 20.
Gipszerstörer, bakterielle 87.
Glaskrebs 177, Taf. VIII.
Glaucoma, Kultur 171, Taf. VIII.
Globigerinen 204.
Glockentierchen 172, Taf. VIII.
Globoide bei Ricinus 38.
Gloeotrichia, planktonisch 141, Taf. VII.
Glukosazon 29.
Glukose, in Zuckerrüben 25.
—, Nachweis 29.
Glutamin in Zuckerrübe 25.
Glyceria aquatica 167, 193.
Glycerin, zum Einbetten 34.
Glyceringelatine zum Einbetten 33.
Glycogen, Hefen 99.
—, Myxomyceten 68.
—, Phallus 127.
Goldglanz bei Algen 144.
Golfkraut 162.
Gomphonema acuminatum 150, Taf. VII.
Goppelsroeders Kapillaranalyse 10.
Graphis scripta 136, Taf. VI.
Grenzzellen bei Spaltalgen 141.
Grimmia pulvinata 212, Taf. XII.
Größenbestimmung, mikrosk. Objekte 65.
Grundregion 194.
Gründüngung durch Lupinen 84.
Grünling (Tricholoma) 123.
Gulnaria 175, Taf. VIII.
Gummibaum 6.
Gymnodinium palustre 146.
Gyrophora cylindrica 134, Taf. VI.

Habichtspilz 119.
Hafer, Flugbrand 115, Taf. IV.
Haffblüte 141.
Hallimasch 126, Taf. V.
Halophyten, Osmose 24.
—, Anpassung 57, 58.
Halteria grandinella, Plankton 171, Taf. VIII.
Hanffaser 202.
Hantzschia amphioxys, Ernährung 151, Taf. VII.
Haplotaxis gordioides 173.
Hartbovist 129.
Härte des Wassers 191.
Härtebestimmung 191.
Härteskala 191.
Harzergüsse, durch Pilze hervorgerufen 126.
Hausschwamm 120, Taf. V.
Haustorien 49.
Hefen 96ff.
—, System 97.
—, untergärige 97.
Heizungsbazillus 86.
Helianthus annuus, Wurzeldruck 55.
Helichrysum, Xerophyt 57.
Heliotaxis, bei Chromatium 95.
—, bei Euglena 9, **145**.
—, bei Fuligo 67.

Heliotropismus, bei Pilobolus 107.
— bei Stengeln 52.
— bei Wurzeln 54.
Heliozoen, Fundorte 70.
—, Lebensweise 170.
Helvella esculenta 119.
Helvellasäure 119.
Hemizellulose 36.
Hepaticae (Lebermoose) 205.
Heracleum sphondylium 11.
Herbarium für Pilze 129.
Herbstblätter, Färbung 12, 13.
Herkuleskeule 119, Taf. V.
Hernie, Kohl 69, Taf. IV.
Heterocysten 141.
Heterotrophe Ernährung 47.
Heu, Selbsterwärmung 86.
Heubazillus **85**, 142, Taf. VII.
Hexenringe bei Penicillium 110.
Hirschpilz (Clavaria) 119.
Hirtentäschelkraut, Wirtspflanze d. weißen Rostes 112, Taf. IV.
Hochwasser, Einwirkung 204.
Hohlzahn, Chlorophyll 11.
Holunder, Chlorophyllkörner 9.
Holzfasern, zersetzt 202.
Holzkörper, Saftleitung 56.
Holzpilz (Xylaria) 119.
Honckenya peploides, Halophyt 58.
Honigtau der Gräser 114.
Hopfen, Winden 21, 22.
Hordeum, Atmung d. Samen 43.
—, Wärmebildung bei Atmung 45.
Hornkraut 167, Taf. VII.
Hornzahnmoos 211, Taf. XII.
Höschen d. Wurzelhaare 51.
Hostienpilz 82.
Humulus lupulus, autonome Sproßbewegung 21.
Hüpferling 176, Taf. VIII.
Hutwerfer (Pilobolus) 107.
Hyacinthus, Spaltöffnungen 59.
Hyalodaphnia, euplanktonisch 177, Taf. VIII.
Hyalodiscus limax 169, Taf. VIII.
Hydathoden 121.
Hydnum auriscalpium 119, Taf. V.
— imbricatum 119.
Hydra, frißt Daphnien 173, Taf. VIII.
Hydrachna globosa 177, Taf. VIII.
Hydrocharis morsus ranae, Froschbiß 167, Taf. VII.
Hydrolyse der Stärke 34.
Hydrometra lacustris 178.
Hydrophyten 57, 58, 137.
Hydrotropismus bei Wurzeln 52.
Hydropsyche 178, Taf. VIII.
Hygroskopische Mechanismen 22, 223.
Hylocomium squarrosum 218.
— splendens 218.
Hypholoma fasciculare 124.
Hyphomycetes 107, 110.
Hypnum cupressiforme 217.
— cuspidatum 218.
— molluscum 218.
— purum 218.
— schreberi 218.
Impatiens, Nachweis d. Leitungsbahnen 55.
Impfstrichkulturen bei Hefen 100.
Indigomethode 3.
Indusium 221.
Interzellularräume 58.
— bei d. Zuckerrübe 26.
Intramolekulare Atmung 45.
Inulin bei Kompositen 31.
Inversion des Rohrzuckers 30.
Invertase 103.
Jod, Stärkenachweis 159.
Jod-Jodkalium, Stärkenachweis 32, 33.
Jodoform, Nachweis v. Alkohol 102.
Iris, Spaltöffnungen 59.
—, Stärkebildner 33.
Isländisches Moos 133.
Isoëtes lacustris **166**, 224, Taf. VII.
Isosmotische Lösungen 24, 26.
Isotonischer Koeffizient 24.
Isotonische Lösungen 15, **23** ff.
Jungermannia 209, Taf. XII.
Justicia carnea, Verdunstung d. Blätter 56.

Kahmhaut beim Heubazillus 85.
— bei Hefen 97.
Kalimethode für Karotin 13.
Kalkalgen 164.
Kalkmoose 218.
Kammalge 148, Taf. VII.
Kammerplankton 186.
—, Bilder von 187.
Kampfenzyme 137.
Kannenpflanze, Pepsinabsonderung 40.
Kapillaranalyse d. Chlorophylls 10.
Kapillitium 68, 128.
Karotin 11—13.
— bei Hefen 98.
—, Kalimethode 13.
—, Kristalle 13.
Karotinoide 10, **12**.
— bei Schimmelpilzen 110.
Karpogone 163.
Kartoffel, Korkgewebe 56.
—, Kulturmedium für Bakterien 74, 75.
—, Schwarzbeinigkeit 112.
—, Stärke 33, 34.
—, Substrat für Schimmelpilze 104.
—, Wundperiderm 57.
Katharobien 202.
Kaulquappe 180, Taf. VIII.
Kefir 81.
Keimung, Moossporen 206.
—, Myxomycetensporen 68.
—, Pollenkörner 47.
Kieselalgen 146 ff.
Kirchneriella lunata 186.
Kirschen, Krankheit 115.
—, Osmose 15, **18**.
—, Zuckernachweis 28.
Klatschpräparate 88.
Klee, Atmung d. Samen 43.
—, autonome Blattbewegungen 21.
—, Schlafstellung d. Blätter 21.
Kleingärmethode 103.
Knöllchenbakterium 84.
Knollenblätterpilz 127, Taf. V.

Knopsche Nährlösung 42.
Kobaltprobe, Nachweis der Transpiration 56, 57.
Köcherfliege 178, Taf. VIII.
Kochsalz, Chemotropismus 54.
—, Wirkung auf Plankton 25.
Kohäsion d. Wassers 56, 222.
Kohäsionsmechanismen 23, 222.
Kohl, Hernie 69, Taf. IV.
Kohlehydrate in Zuckerrüben 25.
— als Nährstoffe 100.
Kohlenbildung 204.
Kohlensäure, Assimilation 4.
—, Ausscheidung 43.
—, bei Gärung 102.
—, Nachweis 44.
Kohlenstoffassimilation **3**, 146.
Kohlepartikel 202.
Kokosnuß, Zuckernachweis 28, **30**.
Kolbenschimmel 109.
Kolloidales Ferrocyankupfer 16.
Kompensationsokulare 66.
Konidien bei Penicillium 109.
Konidienträger bei Peziza 118.
Koniferen, Keimlinge 13.
Königsfarn 220.
Kontraktion durch Plasmolyse 19, 26.
Korallenalge 164.
Korallenpilz (Clavaria) 119.
Korkgewebe, Verdunstungshemmung 56.
Korkwarzen 58ff.
Kotyledonen d. Erbse, Stärkegehalt 36.
Korrosion der Stärkekörner 36.
— von Marmorplatten d. Wurzeln 55.
Krankheiten der Kulturpflanzen 111.
Krätzeflechte 135, Taf. VI.
Kraushaaralge 156, Taf. VII.
Krebschenlarve 176, Taf. VIII.
Krebspanzer, Farbstoff 12.
Kreisblattflechte 134, Taf. VI.
Kreislauf der Materie 205.
Kreuzblütler, Nährpflanzen der Plasmodiophora 69.
Kriebelmücke 179, Taf. VIII.
Krustenflechten 132.
Kryohydratpunkt 18.
Küchenzwiebel, Zuckernachweis **28**, 38.
Kugelalge 154, Taf. VII.
Kugelmuschel 175, Taf. VIII.
Kugelkristalle von Inulin 31.
Kultur, Amöben 70.
—, Bakterien 74ff.
— höherer Pilze 124ff.
—, Diatomeen 147.
—, Farnprothallien 227.
—, Tonschalen **54**, 227.
Kulturgefäße für Schimmelpilze u. Hefen 104ff.
Kulturhefen 97.
Kulturmedien für Bakterien 73.
— für Hefen, 99ff.
— für Algen 146ff.
Kumys 81.
Kupfersiebkasten 195, Taf. X.
Kürbis, Ranken 22.
—, Öl in Samen 38.
Kutikuläre Transpiration 56.
Laccase 120.
Lackmusflechte 133.
Lackmus-Molke-Kulturen 74.
Lactaria deliciosa 122, Taf. V.
— piperata 122.
Laichkraut 166, 193.
Laminaria, Abbild. 159, 160.
—, Jodnachweis 159.
— saccharina, Mannit 158.
—, Quellung 161.
Lamprocystis roseo-persicina 96, Taf. VII.
—, Farbstoff 13, 143.
—, Standort 71.
Lampropedia 79, 139, **142**, Taf. VII.
—, Fundort 72.
Landkartenflechte 135, Taf. VI.
Lathraea squamaria 49.
Laubmoose 205.
Lebermoose 205.
Lecanora esculenta 135.
— subfusca 135, Taf. VI.
Lecanorsäure 135.
Lecidea 135.
Lederbeeren bei Trauben 113.
Leguminosen. Knöllchen 84.
—, Schlafstellung 21.
Leitungsbahnen d. Saftes 55.
Lemanea fluviatilis in Kaskaden 162, Taf. VII.
Lemna arrhiza, Anpassung 52, 167.
— trisulca 9, 167, **193**.
Lenticellen 58ff.
Lepidium sativum 51.
Lepidozia reptans 209.
Lepiota procera 126.
Lepocinclis ovum 188.
Lepra, Flechten 134.
Leptodora, räuberisch 177, Taf. VIII.
Leptomitus lacteus 106, **108**, 165, Taf. VII.
—, in Abwässern 25.
Leuchtbakterien **78**, 142, Taf. VII.
Leuchtmoos 213.
Leucobryum glaucum 212, Taf. XII.
Leukoplasten 33.
Lichenes 130.
Lichina 135.
Lichtlage der Blätter 21.
Lilium bulbiferum, Brutzwiebelchen 231.
Limnaea auricularia 175, Taf. VIII.
— stagnalis 175, Taf. VIII.
Limonadenbiere 85.
Lindnersche Flaschen 99.
— Pilzgläser 106.
— Tröpfchenkultur 97, **101**.
Linum, Öffnen u. Schließen d. Blüten 22.
Lionotus 171, Taf. VIII.
Literbecher aus Aluminium 195, Taf. X.
Löcherpilz (Polyporus) 120.
Lohnsteins Saccharometer 29.
Lohpilz 67.
Lophocolea 209, Taf. XII.
Loranthus europaeus 50.
Loxophyllum fasciola 171, Taf. VIII.
Luftströme in der Pflanze 58.
Luftwurzeln 58.
Lupen 63ff., Taf. X.
Lycogala epidendron 69.

Lycoperdon bovista 128.
—, gemmatum 128.
Lycopodium 225.
— clavatum 225.
Lupinus albus, Asparaginnachweis 42.
— —, Atmung d. Keimlinge 43.
— —, Chemotropismus 54.
— —, Gewebespannung 20.
— —, Plasmolyse 19.

Macrobiotus macronyx 178, Taf. VIII.
Macrocystis pyrifera 161.
Magnesiumchlorid, Meerwasser 164.
Mais, Eiweißsynthese 42.
Maischwamm (Tricholoma) 122.
Makrosporen 225.
Mallomonas acaroides 143, Taf. VII.
Maltase 35.
Maltose 35.
Malz, -Agar 99.
—, -Körner, Diastasewirkung 35.
—, -Peptone 74.
—, -Zucker 35.
Mannaflechte 135.
Mannit bei Pilzen 122.
—, bei Tangen 158.
Mannose 27.
Manubrium 141.
Marasmius alliaceus 121.
— alliatus 121.
— rotula 122.
— scorodonius 121.
Marchantia polymorpha 207.
—, Kultur 207.
—, Assimilationszellen 208.
Mark, lebendes 20.
Marsilia quadrifolia 220.
Mechanismus der Farnsporangien 222.
Meeresdiatomeen 148.
Meerespflanzen, Osmose 24.
Meer, Sedimente 204.
Meersalat 156.
Mehltau d. Stachelbeere 114.
— d. Weins 113.
Melampyrum nemorosum 50.
Melandryum, hygroskopische Kapseln **22**, 223.
—, Saftleitung in Blüten 55.
Melicitose 27.
Melosira Species 147, Taf. VII.
Merismopedia glauca 79, **139**, Taf. VII.
Merulius lacrymans 120, Taf. V.
Mesembrianthemum, Xerophyt 57.
Mesosaprobien 200.
Metzgeria, xerophytisch 210.
Micrococcus phosphoreus **78**, 142, Taf. VII.
— ureae 82.
Microspira desulfuricans 87.
Mikrokosmos, Seen 205.
Mikrophotographie 66.
Mikroskope 63ff, 198.
Mikrosporen 225.
Milchsaft bei Pilzen 122.
— in höheren Pflanzen 33.
Milchsäure 81.
Milchsäurebakterium 81.
—, Fundort 71.
Millons Reagenz, Eiweißnachweis 39, 41, 100.
Mimosa pudica 20, 224.
— —, Schlafstellung d. Blätter 21.
Mineralisation 199, 201.
Mischplankton 186.
Mittelmeer, Kammerplankton 189.
Mixotrophe Ernährung 47, 137.
Mnium, Chlorophyllkörner 214, Taf. XII.
Mohrrübe, Glukosenachweis 29.
—, Karotin 12.
—, Osmose 14.
—, Pilzkrankheit 116.
—, Zuckernachweis 28.
Molekulargewicht, bestimmbar durch isotonische Lösungen 24, **26**.
Möllers Diatomeen-Typenplatte 65.
Monaden, goldgelbe 143.
Monas vivipara 170, Taf. VIII.
Monilia cinerea 112, **115**, 116.
— sitophila 107, **110**.
Monosaccharide 30.
Monotropa, Saprophyt 47.
Moose 205.
—, Ast- 217.
—, Austrocknen 217.
—, Bart- 212.
—, Besen- 211, Taf. XII.
—, Dreh- 213, Taf. XII.
—, Etagen- 218.
— auf Gartenwegen 212.
—, Geschlechtsorgane 215.
—, Hornzahn- 211, Taf. XII.
— in Höhlen 217.
—, isländisches 133.
—, Kalk- 218.
—, Keimung d. Sporen 206.
—, Kultur 206.
—, Lebensbedingungen 205.
—, Leucht- 213.
— als Pioniere 214.
—, Quell- 216.
—, Saprophyten 206.
—, Torf- 210, Taf. XII.
— —, Wasserzellen 210.
—, Tropen- 206.
—, Wald- 215.
—, Wasserleitung der 216.
—, Weiß- 212, Taf. XII.
Moostier 175, Taf. VIII.
Moosvegetation, Arktis 206.
—, Tropen 206.
Morchella conica 118, Taf. V.
— esculenta 118.
Mougeotia genuflexa, Chromatophorenstellung 151, Taf. VII.
Mucor, Luftschimmel 104, 106, **107**.
—, Wasserschimmel 107, **165**, Taf. VII.
Mündungsgebiete d. Flüsse 25, 205.
Muscarin 127.
Muschelkrebschen 177, Taf. VIII.
Musci 205.
Muscineae 205.
Musseron 121, 122.

Mutterkornpilz 114, Taf. IV.
Mycel 117.
Mycelleiter 126.
Mycena Species 123, Taf. V.
Mycetophila 117.
Mycoderma 98.
Mycorrhiza 107, **111**.
— bei Saprophyten 47.
—, ektotrophe 111.
—, endotrophe 111.
Myriophyllum spicatum 58, 167, Taf. VII.
Myristica 59, 163.
Myxamöbe 68.
Myxomycetes 23, **67**.
—, Ölaufnahme 41.

Nabelpilz 123, Taf. V.
Nacktschnecken als Pilzfresser 117.
Nähragar 74.
Nährböden für Bakterien 73 ff.
— für Hefen 99ff.
— für Diatomeen 147.
Nährbouillon 73.
Nährgelatine 74.
Nährlösung für Hefen 100, 101.
— für Schimmelpilze 105ff.
— nach Beijerinck 100.
— nach Diakonow 105.
— nach Hansen 101.
— nach Hayduck 101.
— nach Pasteur 100.
— nach Raulin 105.
Nannoplankton 143. 144, Taf. VII.
Narcissus, Diageotropismus 21.
—, Keimung, d. Pollenkörner 47.
Naturselbstdruck 129.
Nauplius 176, Taf. VIII.
Navicula Species, Standorte 150. Taf. VII.
Nectria cinnabarina 112, **114**, Taf. V.
— ditissima 115.
Nekridien 19.
Nektarorganismen 96, 103.
Nekton 185.
Nematoden 174.
Neottia nidus avis 47.
Nepa cinerea 178.
Nepenthes als Halbsaprophyt 47.
—, Pepsinabsonderung 40.
Nephelis, Nahrung 173, Taf. VIII.
Neßlersches Reagenz, Ammoniaknachweis 84.
Nitella, Plasmaströmung 8, 165.
—, Ökologie 165, Taf. VII.
Nitratbildner 82.
Nitrate in Chenopodium 27.
Nitritbildner 87.
Nitrosomonas europaea 87.
Nitzschia acicularis 151, Taf. VII.
— sigmoidea 151, Taf. VII.
Noctiluca miliaris 79.
Nodularia spumigena, Ostsee 141.
Nordsee, Plankton 188.
Nostoc in Flechten 134, 135.
— punctiforme 140.
— verrucosum 140, Taf. VII.
Notonecta glauca 178, Taf. VIII.
Nutation, revolutive 20, 21.
Nyctalis parasitica 122, Taf. V.
Nyktitropische Bewegungen 20.

Objektträger, schwarze 60, 135, **221**.
Odontoglossum mit Wurzelpilz 48.
Oedogonium rivulare 157, Taf. VII.
Oekologie 181.
— der Gewässer 192.
Oenothera, Öffnen u. Schließen d. Blüten 22.
Öffnungsmechanismus der Farnsporangien 222.
Ohrlöffelpilz 119, Taf. V.
Ohrschnecke 175, Taf. VIII.
Oidien bei Hefen 98.
Oidium lactis 107, **110**.
— tuckeri 113.
Öl, in Rizinussamen 37.
—, Nachweis 41.
—, Transport 40.
—, Umwandlung in Zucker 38.
—, Zerspaltung 40.
Oligosaprobien 201.
Olpidium luxurians 113.
Omphalia fibula 123, Taf. V.
Ophioglossum vulgatum 225.
Ophrydium versatile, gelatinös 140, **172**.
Orchestia littorea 176.
Orchidaceen, Symbiose 48.
Organischer Detritus 202.
— Filz 193.
Orobanche speciosa 49.
Oscillatoria agardhii 140, Taf. VII.
— limosa 140, Taf. VII.
Oscillatorien, Assimilation 7.
—, Turgor 19.
—, Ökologie 140.
Osmiumsäure, Nachweis von Fett 41.
Osmose 14ff.
Oxalsäure in Zuckerrübe 25.
Oxydasen 120.
Oxydationsreinigung 84.
Ozean, Plankton 189.
Ozon zum Sterilisieren 73.

Paketkokken 80, 142.
—, Fundort 72.
Palisadenzellen 5, 16.
Palmentang 159.
Paludina vivipara 175, Taf. VIII.
Panaeolus campanulatus 121.
Pandorina morum 154, Taf. VII.
Pantoffel-Diatomee 151, Taf. VII.
Pantoffeltierchen 171, Taf. VIII.
Paraboloidkondensor, Bakterienbeobachtung 72.
Paraffin 134.
Paramaecium caudatum *a* m 171, Taf. VIII.
Paraphysen bei Russula 122.
Parasiten, höhere Pflanzen 47ff.
—, Pilze 111.
Parasolpilz 126.
Parenchym im Schwammgewebe 16.
— in der Zuckerrübe 26.
Parmélgelb 133.

Parmelia furfuracea 133.
— physodes 134, Taf. VI.
Parthenocissus, Ranken 22.
Parthenogenesis 166.
Pasteurisieren 73.
Pediastrum Species 155, Taf. VII.
Pellionia daveauana, Stärkebildner 32.
Peltigera canina 134, Taf. VI.
Pelzmonade 143, Taf. VII.
Penicillium brevicaule, Arsenprobe 110.
— glaucum 104, 107, **109**.
— — in Kokosnuß 30.
— —, Keime in Luft 76.
Pepsin 39, 40.
Peridinium divergens 146, Taf. VII.
— tabulatum 146, Taf. VII.
Perigordtrüffel 119.
Periodisch planktonisch 141.
Peristom 216.
Peristomzähne 211, 212, 213.
Perla bicaudata 178, Taf. VIII.
Permeabilität des Plasmaschlauches 17.
Peronospora viticola 111, 113, Taf. IV.
Pertusaria communis 136.
Petrischalen 76ff., Taf. II.
Petroleumbildung 220.
Peziza aurantia 118, Taf. V.
Pfahlkratzer 197, Taf. X.
Pfefferling 121.
Pferdemist für Kultur von Mucor 104, 107.
— — — — Pilobolus 107.
Pflanzenzerstörendes Bakterium 81, Taf. IV.
Pflaume, Zuckernachweis 28.
Pflaumendekokt 104ff.
Phacotus lenticularis 188.
Phacus longicauda 145, Taf. VII.
Phaeophyceae 158.
Phaeosporeae 124.
Phajus grandifolius, Stärkebildner 33.
Phallus impudicus 127, 128.
Phascum curvicollum 206.
Phaseolus multiflorus, autonome Bewegung 21.
— —, Schlafstellung d. Blätter 21.
Phenylhydrazin, Zuckernachweis 29.
Philadelphus, Verdunstung d. Blätter 56.
Philodina aculeata 174, Taf. VIII.
Phoenix, Reservezellulose 37.
Phoma rostrupii 112, **116**.
Phormidium uncinatum 140, Taf. VII.
Phosphorbronze 195.
Phosphor in Rizinussamen 37.
—, Nachweis 38.
Phragmidium rosarum 116.
Phragmites communis 167.
Phreoryctes menkeanus 173.
Phryganea, Gehäuse 178, Taf. VIII.
Phycocyan 140, 163.
Phycoerythrin, Bedeutung 163.
Phycomyces nitens 106, **107**.
Phycomycetes 106.
Physciol 133.
Physodin 134.
Phytelephas, Reservezellulose 37.
Phytol, in Chlorophyll 11.
Phytophthora infestans 113.
Picea excelsa, Papierfabrikation 27.
Pilobolus crystallinus 106, **107**.
Pilostyles hausknechtii 49.
Pilze, höhere 116ff.
—, parasitische 111ff.
—, Schimmel- 104ff.
—, Schleim- 67ff.
—, Spalt- 71ff.
Pinguicula vulgaris 47.
Pinnularia 150, Taf. VII.
Pinselschimmel 109.
— in Kokosnuß 30.
Planaria, animalische Nahrung 173, Taf. VIII.
Plankton, Definition 180.
—, Fangmethoden 180.
—, Gläser 195.
—, Hauptbestandteile 180.
—, Kammer 64, 186, 187, **195**, Taf. I, X.
—, Konservierung 181.
— -Kunde u. Bakteriologie 181.
— -mengen 183.
— -nahrung 185.
— -netz 194.
—, Osmose 25.
—, Ökologie 180.
— -pumpe 197.
— -region 192.
—, Röhrchen 182.
—, Sauerstoffproduktion 189.
—, Schwebefähigkeit 182.
— -sieb 66, **194**, Taf. X.
— -zusammensetzung 185.
— in 1 ccm 182.
—, Misch- 186.
—, Seen- 183.
—, Tiefen- 185.
—, Winter- 184.
— u. Wasserbeschaffenheit 184.
— -Urnahrung 181.
—, Bodensee 187.
—, Mittelmeer 189.
—, Nordsee 188.
—, Ozean 189.
—, Rhein 188.
—, Gebirgsseen 187.
—, Gebirgsbäche 183.
Planorbis corneus 175, Taf. VIII.
Plasma, extramembranös 140.
—, Strömung 8, 166.
Pleurosigma, Testobjekt 65, 150.
— acuminatum 150, Taf. VII.
Plasmodiophora brassicae 69, 111, **112**, Taf. IV.
Plasmodium 67.
Plasmolyse 15, 23, **26**.
Plasmopara viticola 113.
Plasmorhyse 23.
Plattengießen 75.
Plumatella repens 175, Taf. VIII.
Pneumatophoren 58.
Podetien 132.
Podura aquatica 178, Taf. VIII.
Polarisation, Mikroskop 34, 66.
—, Zuckernachweis 29.
Polarität d. Zweige 52.

Pollen, bei Cycas 231.
—, Keimung 47.
Polyarthra platyptera 174, Taf. VIII.
Polycystis aeruginosa 139, Taf. VII.
Polygonum fagopyrum, Eiweißsynthese 42.
Polyp (Hydra) 173, Taf. VIII.
Polypodium vulgare 221.
Polyporus versicolor 120, Taf. V.
Polysaprobien 199.
Polytoma uvella, farblos 154, Taf. VII.
Polytrichum, Bau u. Leben 215, Taf. XII.
Pontosphaera huxleyi 144, Taf. VII.
Posthornschnecke 175, Taf. VIII.
Potamogeton perfoliatus 8, 166, **193**.
Präparieren, höhere Pilze 129.
Preißelbeeren, Pilzkrankheit 116, Taf. IV.
Preissia commutata 209.
Preßhefe 97.
Primordialschlauch 19, 26.
Produktionskraft der Gewässer 184.
Proteus 82.
Prothallien, Anzucht 226.
— von Aspidium 9, **226**.
— von Botrychium 225.
— des Bärlapps 225.
— -generation 224.
— der Natternzunge 225.
Prothallium, geschlechtsreif 227.
Protococcus in Flechten 130.
Protonema 213, 215.
— aus Seten 217.
— bei Pogonatum 216.
Protoplasma 8.
— -Schlauch **16**, 17, 26.
Psalliota campestris 124.
Pseudodichotomie 93, 141.
Pseudomonas europaea 82, **87**.
— fluorescens 6, **87**. Taf. VII.
— violacea 87.
Psora ostreata 135, Taf. VI.
Pteridophyta 219.
Pteromonas alata 186.
Puccinia graminis 112, **115**, Taf. IV.
Purpurbakterien 96, Taf. VII.
Purpurspirillum 143.
Putrescin 120.
Pykniden auf Mohrrübe 116.
Pyrenoide 152.

Quellmoos 166, 216, Taf. VII.
Quellung der Stärkekörner 34.
Quellungsdruck 34.

Rädertiere 174.
Radiolarien 204.
Raffinose in Zuckerrübe 25.
Rafflesia 49.
Rana esculenta 180, Taf. VIII.
Ranken 21, 22.
Rattenhaar 202.
Rattenschwanzlarve 179, Taf. VIII.
Rehpilz (Hydnum) 119.
Reinkulturen, Bakterien 74 ff.
—, Hefen 99 ff.
—, Schimmelpilze 104 ff.
—, Diatomeen 147.
Reizbewegung bei Mimosa 20.
— bei Ranken 21.
Reizker (Lactaria) 122.
Reizmechanismus bei Mimosa 224.
Renntierflechte 131.
Reservestärke 32, 163.
Reservezellulose 36.
Reticularia lycoperdon 68.
Revolutive Nutation 20.
Rhacomitrium sudeticum 212, Taf. XII.
Rhaphidium polymorphum 155, Taf. VII.
Rhein, Plankton 188.
Rhein, Seston des 203.
Rheotaxis bei Fuligo 67.
Rhinanthus 50.
Rhipsalis (Xerophyt) 57.
Rhizocarpon geographicum 135, Taf. VI.
Rhizoiden 230.
Rhizomorpha subterranea 126.
Rhizophora mangle 58.
Rhizopoden, Fundorte 70.
Rhizosolenia semispina **147**, 188.
Rhodospirillum 143.
Rhoicosphenia curvata, Ernährung 149, Taf. VII.
Rhynchostegium rusciforme 216.
Rhytisma acerinum 112, **113**, Taf. IV.
Ribes, Verdunstung der Blätter 56.
Riccia fluitans 209, Taf. XII.
Richteriella botryoides, Ernährung 155, Taf. VII.
Ricin 41.
Ricinus communis, Gewebespannung 20.
—, Globoide 38.
—, Keimung 37.
—, Ölgehalt des Samens 37.
Riesenfarne der Vorzeit 220.
Rindenspannung 20.
Ringelungsversuche, an Zweigen 56.
Rivularia, Lebensweise 141, Taf. VII.
Roccella tinctoria 133.
Rohrzucker, in Zuckerrübe 25.
—, Kristalle 26.
Rollkulturen nach Esmarch 74, 106.
Romijns Planktonnetz 194.
Rost des Getreides 115.
—, weißer an Cruciferen 112.
Rotalgen 162.
Rotationsbewegung des Plasmas 8.
Rotatoria, Nahrung 174.
Rotifer actinurus 174, Taf. VIII.
Rotkohl, Anthocyan 17.
Rotpustelkrankheit der Bäume 114, Taf. IV.
Rottanne, Papierfabrikation 27.
Rozites gongylophora 127.
Rübenschnitzel, Diffusion 27.
Rübsen, Atmung 43.
Rückenschwimmer 178, Taf. VIII.
Runkelrübe, Osmose 25.
—, Zuckernachweis 28.
Rüsselkrebschen 177, Taf. VIII.
Russula adusta 122, Taf. V.
— nigricans 122.
— rubra 122.
Russulina 122.

Saccharometer 29.
Saccharomyces 97, 98.
Saccharose 27.
Saft, Leitungsbahnen 55.
Sägespan-Alge 141, Taf. VII.
Salicornia herbacea 58.
Salpeterbakterien 82.
—, Eiweißsynthese 43.
—, Rohkultur 84.
Salpeterfresser 82.
Salpeterplantagen 84.
Salvinia natans 166, **225**.
Sambucus nigra, Chlorophyllkörner 9.
—, Gewebsspannung 20.
—, Lentizellen 59.
—, Verdunstung der Blätter 56.
Sanchezia nobilis, Wurzeldruck 55.
Saprobien, Ökologie 139.
—, marine 139.
Saprolegnia monoica 106, **108**, 165, Taf. VII.
Saprophyten, höhere 47.
—, Moose 206.
Sarcina **80**, 142, Taf. VII.
—, Fundort 72.
Sarcodes, Saprophyt 47.
Sargassum bacciferum 162.
Sarracenia purpurea 47.
Sauerstoff, Ausscheidung 3, 7.
—, Bestimmung 189.
—, Produktion durch Plankton 189.
—, Sättigungsmenge 190.
— -Überträger 12.
—, Verbrauch bei Atmung 44, 45.
Sauginfusor 173, Taf. VIII.
Säulchenflechte 132, Taf. VI.
Scenedesmus Species **155**, 186, Taf. VII.
Scharrnetz 198, Taf. X.
Schattenblatt 5.
Schaumstruktur des Zellgewebes 27.
Scheibenflechte 135.
Schildflechte 134, Taf. VI.
Schilf 167, 193.
Schilfmesser 197, Taf. X.
Schimmel der Stubenfliege 112.
Schimmelpilze 104ff.
Schistostega osmundacea 213.
Schizolobium excelsum, Wurzeldruck 55.
Schizomycetes, Färbung 77.
—, Fundort 71, 72.
—, Geißeln 78.
—, Kultur 74ff.
—, System 78.
Schizophyceae 139.
Schizosaccharomycetes 97.
Schlammegel 173, Taf. VIII.
Schlammheber 198, Taf. X.
Schlammschnecke 175, Taf. VIII.
Schlammsieb 198, Taf. X.
Schlammwurm 173, Taf. VIII.
Schlauchalge 157, Taf. VII.
Schlauchfasergewebe 130.
Schleier, bei Beggiatoa 94.
—, bei Pilzen 123, 124.
Schleimfluß, Organismen 109.
Schleimpilze 41, **67**.
Schleudermechanismus der Sporangien 222.
Schlingpflanzen 21, 22.
Schmarotzer, höhere Pflanzen 49, 50.
—, Pilze 111ff.
Schneckenlaich 140.
Schraubenalge 152, Taf. VII.
Schraubenbakterien 88.
—, Fundort 72.
Schriftflechte 136, Taf. VI.
Schüsselflechte 134, Taf. VI.
Schützenbergersches Reagenz 4.
Schwadengras 167, 193.
Schwammgewebe 5, 16.
Schwammnadel 173.
Schwarzbeinigkeit der Kartoffel **81**, 112, Taf. IV.
Schwebevakuolen 140.
Schwefelbakterien 78, 94ff.
—, Eiweißsynthese 43.
—, Fundorte 71.
—, Rohkulturen 95.
Schwefelkopf (Hypholoma) 124.
Schweinsblase, Osmose 18.
Schwimmschicht 83.
Scleroderma vulgare 129, Taf. V.
Sclerotinia cinerea 115, Taf. IV.
Sekundäre Verunreinigung 203.
Sedum acre, Xerophyt 57.
Seegras 166.
Seenplankton 183.
Seenstudien 201.
Selaginella 224.
Selektives Verhalten der Wurzeln 55.
Selbstverunreinigung 204.
Selenastrum bibraianum 186.
Semipermeable Membranen 16.
— bei Zuckerrübe 27.
Sensibilisator 5.
Septic-tank 87.
Seston **183**, 205.
—, Abb. 89, 202.
— des Rheins 203.
Sialis lutaria 178, Taf. VIII.
Sichtscheibe 197, Taf. X.
Sichttiefe 197.
Sicyos angulatus, Ranken 22.
Siderocapsa treubii **89**, 91, 158.
Silbermoss 214, Taf. XII.
Silene nutans, Öffnen und Schließen der Blüten 22.
Silicoflagellata 144.
Silikatzellen 17.
Simulium ornatum 179, Taf. VIII.
Sinkstoffe 83.
Sklerotium des Mutterkorns 114.
— bei Schimmelpilzen 110.
Skorpion-Wasserwanze 178.
Solanum tuberosum, s. Kartoffel.
Soldanella, Wärmebildung 45.
Sonnenblatt 5.
Sonnenblume, Wurzeldruck 55.
Sonnentau, Kultur 49.
—, Pepsinabsonderung 40.
Sonnentierchen 170, Taf. VIII.
Soredien 131.
Sori der Farne 221.
Spaltalgen 139.

Spalthefen **97**, 109.
Spaltöffnungen, bei Tradescantia 58, 59.
—, eingesenkte 58.
—, Funktion 59.
Spaltpilze, Begeißelung 78.
—, Färbung 77.
—, Fundorte 71, 72.
—, Kultur 74ff.
—, System 78.
Sparassis crispa 119.
Speichel, Wirkung auf Stärke 34.
Spermatozoiden bei Cycadeen 231.
— bei Farnen 228.
Sphaerium corneum 175, Taf. VIII.
Sphaerotheca mors uvae 112, **114**, Taf. IV.
Sphaerotilus 92, Taf. VII.
—, Fundort 71.
— roseus 142.
Sphagnum cymbifolium 210, Taf. XII.
Sphagnum, Säure 210.
—, Sporangienmechanismus 211.
Spindelalge 151, Taf. VII.
Spiralfaser 202.
Spirillum undula 88, 142, Taf. VII.
—, Fundort 72.
Spirochaete plicatilis 170, Taf. VIII.
Spirogyra nitida 153.
— porticalis 152, Taf. VII.
Spirogyra, Assimilation 6.
—, Kopulation 152.
—, Stärkebildung 31, 152.
—, Turgor 19.
Spirostomum ambiguum 171, Taf. VIII.
Spirulina, Lebensweise 140, Taf. VII.
Spitzmorchel 118, Taf. V.
Spongilla lacustris 173, Taf. VIII.
Sporangien, Springen 222.
—, Schleudermechanismus 222.
Sporen, bei Bakterien 85, Taf. VII.
—, bei Hefen 97.
—, Keimung bei Myxomyceten 68.
—. Präparate 85.
—, bei Farnen 221ff.
Sporenfarbe der höheren Pilze 129.
Sporenfrucht 220.
Sporengeneration 219.
Sporenkapsel, Mechanismus 211.
Springschwanz 178, Taf. VIII.
Sproßhefen 109.
Sputumschleim, Tuberkelbakterien 84.
Stachelbeere, Mehltau 114, Taf. IV.
Stahlsche Kobaltprobe, Nachweis der Transpiration 56, 57.
Stärke, in Erbsen 36.
—, in Florideen 163.
—, in Getreidekörnern 36.
—, in Zuckerrübe 25.
—, in Zwiebeln 36.
—, Korrosion 36.
—, Nachweis 32.
—, Polarisation **33**, 34.
—, Quellung 34.
—, transitorische 32, 39.
—, Umwandlung in Dextrin und Zucker 34, 35.
Stärkebildner 32, 33.
Stärkeherd 152.
Stärkereaktionen 163.
Stärkescheide 39.
Statoblasten 175.
Statolithentheorie 52.
Staurastrum gracile, planktonisch 151, Taf. VII.
Stauroneis phoenicenteron 150, Taf. VII.
Stechmücke 179.
Steinflechte 135, Taf. VI.
Steinheillupen 63.
Steinkohle, Entstehung 220.
Steinkohlenzeit, Waldmoore 219.
Steinpilz 120, Taf. V.
Stentor coeruleus, *a* m 172.
Stentor roeseli, Ernährung 172, Taf. VIII.
Stephanodiscus hantzschianus 147, Taf. VII.
Sterigmen bei Russula 122.
Sterilisation 73.
—, Versuche 73.
Sternalge 148, Taf. VII.
Stickstoff, Assimilation 142.
Stigeoclonium tenue, Schwärmsporen 156, Taf. VII.
Stigonema 135.
Stinkbrand des Weizens 115.
Stinkpilz 127.
Stomata 58, 59.
Stomatäre Transpiration 56.
Strandfloh 176, Taf. VIII.
Stratiomys chamaeleon 179, Taf. VIII.
Strauchflechten 132.
Streptococcus mesenterioides 78, 142, Taf. VII.
Strömungen und Plankton 184.
Strudelwurm 173, Taf. VIII.
Strychnos nux vomica, Plasmaverbindungen 154.
Stylonychia mytilus 172, Taf. VIII.
Sumpfgasbildner 86.
Sumpf-Segge 167.
Sumpfschnecke 175, Taf. VIII.
Surirella biseriata, Schlamm-Kieselalge 151, Taf. VII.
Symbiose bei Flechten 130.
— bei Orchideen 48.
Synchaeta tremula 174, Taf. VIII.
Synedra acus, Plankton 148, Taf. VIII.
Synedra ulna, braune Überzüge 148, Taf. VII.
Synthese, des Eiweiß 42ff., 100ff., 105.
— der Flechten 136.
Synura uvella, Gurkengeruch 144, Taf. VII.
Syringa vulgaris, Lentizellen 59.
—, Zuckernachweis 28.

Tabellaria fenestrata. Planktonisch 149, Taf. VII.
— flocculosa 149.
Tafelkokken **79**, 142, Taf. VII.
—, Fundort 72.
Tafelsternalge 155, Taf. VII.
Tanzstübchen bei Closterium 31, 151.
Taraxacum, Gewebespannung 20.
—, Öffnen und Schließen der Blütenköpfe 22.

Taschenkrankheit der Pflaume 113, Taf. IV.
Täubling (Russula) 122.
Tausendblatt 167, Taf. VII.
Teerfleckenkrankheit des Ahorns 113, Taf. IV.
Teichmuschel 175.
Teleutosporen, Farbe 12.
—, vom Rostpilz 115, Taf. IV.
Tellerflechte 135, Taf. VI.
Tendipes 179.
Testobjekt für Mikroskope 65.
Tetrasporen 163.
Thallusareole 136.
Thallus horizontalis 131.
— verticalis 131.
Thermotaxis bei Fuligo 67.
Thesium intermedium 50.
Thiopedia rosea 79.
Thiospirillum sanguineum 186.
Thiothrix nivea 143, Taf. VII.
Tiefenplankton 185.
Tillandsia usneoides 53.
Tilletia caries 115.
Tintinnopsis 188.
Thiopolycoccus 71.
Thiothrix 71, Taf. VII.
Tintenpilz 121, Taf. V.
Tolypothrix lanata 141, Taf. VII.
Tönncheninfusor 171, Taf. VIII.
Torfbildung 210.
Torfmoos 210, Taf. XII.
Torula 98.
Trachelomonas, Bau 145, Taf. VII.
—, Häufigkeit 145, Taf. VII.
Tradescantia, Spaltöffnungen 58, 59.
—, Zellsaft 17, **23**.
—, Zirkulationsbewegung des Plasmas 8.
Tragopogon, Öffnen und Schließen der Blütenköpfe 22.
Transpiration, Nachweis 56, 57.
—, kutikuläre 56.
—, stomatäre 56.
Transversalgeotropismus der Seitenwurzeln 52.
Traubes künstliche Zelle 15.
Traubenzucker **4**, 35.
—, Abbau durch Cymase 103.
Traumatropismus 54.
Trehalose 27.
Trentepohlia iolithus 12, 136.
— in Flechten 133, 136.
Triceratium favus 148, Taf. VII.
Tricholoma equestre 123.
— graveolens 122.
Trifolium pratense, Atmung der Samen 43.
—, autonome Bewegungen 21.
—, Schlafstellung der Blätter 21.
Trinema enchelys, Vorkommen 169, Taf. VIII.
Trinkwasser, Seston 183.
Triuris, Saprophyt 47.
Triton taeniatus 180, Taf. VIII.
Trompetentierchen 172, Taf. VIII.
Tropaeolum majus, Zellulose 37.
Tropenmoose 206.
Tröpfchenkultur nach Lindner 97, **101**.
Tropfenkammer 196.
Trüffel 119.
—, falsche 129, Taf. V.
Trypsin 39, 40.
Tuber brumale 119.
— melanosporum 119.
Tuberkelbakterien 84.
Tubifex rivulorum, Lebensweise 173, Taf. VIII.
Tulipa, Öffnen und Schließen der Blüten 22.
—, Reservestärke 32.
Turgor 14ff.
—, künstlicher 18.
Tyrosin 122.
Tyrosinase in Russula 123.

Uekelei 179, Taf. VIII.
Uferregion 193.
Ulothrix zonata, Schwärmsporen 156, Taf. VII.
Ultramikrobien 72.
Ultramikroskop 31, 66.
Ulva lactuca, Ernährung 156.
Uncinula spiralis 113.
Untergärige Hefen 97.
Uredosporen, Farbe 12.
—, vom Rostpilz 115, Taf. IV.
Uroglena volvox, Geruch 144, Taf. VII.
Uromyces pisi 116.
Urtica macrophylla, Wurzeldruck 55.
Usnea barbata 133, Taf. VI.
Usninsäure 133, 136.
Ustilago avenae 112, **115**, Taf. IV.
Utricularia vulgaris 47.

Vaccinium, Pilzkrankheit 116, Taf. IV.
Vallisneria 58.
Valvata piscinalis 175, Taf. VIII.
Variolarien 136.
Vaucheria, Ernährung 157, Taf. VII.
— ungeri, Schwärmsporen 158.
Veilchenblauer Spaltpilz 87.
Veilchenmoos, Farbstoff 12.
—, Standort im Freien 136.
Velatae 123, 124.
Verlandungsprozesse 204.
Verletzungsreiz 8, 54, 57.
Viscum album 50.
Vitis vinifera, Ranken 22.
Vogelfederstrahlen 202.
Voitia nivalis, auf Mist 206.
Volvatae 127.
Volvox aureus, Plasmaverbindungen 154‘ Taf. VII.
Vorticella, Ernährung 172, Taf. VIII.
Voyria (Gentianaceae) 47.

Waldmoose 215.
Wandermuschel 176, Taf. VIII.
Wandflechte, gelbe 133, Taf. VI.
Wärmebildung bei Atmung 45.
Wasser als Nährstoff 50ff.
Wasserassel 176, Taf. VIII.
Wasserbärchen 178, Taf. VIII.
Wasserbeschaffenheit und Plankton 184.
Wasserblüte 141, **185**, Taf. IX.

Wasser, Eigenfarbe 184.
Wasserentziehung durch Osmose **14**, 19.
Wasserfloh 176, 177, Taf. VIII.
Wasserläufer 178.
Wasserlinse 9, 167, **193.**
Wassermilbe 177, Taf. VIII.
Wasser-Mukor 165, Taf. VII.
Wasserpest 167, Taf. I.
Wasserschimmel 116.
Wasserschöpfer nach Richard 197.
Wasserstern (Callitriche) 167.
Wasserzellen bei Torfmoos 210.
— bei Leucobryum 212.
Wedel der Farne 220.
Weiden, Nachweis der Polarität der Zweige 52.
Weißmoos 212, Taf. XII.
Wein, Ranken 22.
Weinbeere, Zuckernachweis 28.
Weinsäure in Zuckerrübe 25.
Weizen, Stinkbrand 115.
—, Wärmebildung bei Atmung 45.
Willia anomala 97.
Winter-Plankton 184.
Wollfaser 202.
Wundermonade 82.
Wundperiderm der Kartoffel 57.
Würzeagar 99.
Würzegelatine 99.
Wurzel, Atem- 58.
—, Brett- 59.
—, Chemotropismus 53.
— -Druck 51, **55.**
—, Geotropismus 52.
—, Haare 51.
—, Heliotropismus 52.
—, Hydrotropismus 52.
—, Luft- 58.
—, selektives Verhalten 55.
—, Spitzenwachstum 51.
Wurzelpilz s. Mycorrhiza.
Wüstenpflanzen, Wasserversorgung 52.

Xanthophyll 10, 11.
Xanthoproteinreaktion zum Eiweißnachweis **39**, 41.
Xanthoria pariétina 133, Taf. VI.
Xerophyten 57.
Xylaria hypoxylon 119, Taf. V.
Xylose 27.

Yoghurt 81.

Zea mays, Eiweißsynthese 42.
Zeichenapparat 65.
Zelle, Demonstration 8, 28, 153, 214.
—, künstliche 15.
Zellkern 8, 17.
—, Vorkommen in Zwiebel 28.
— bei Spirogyra 152.
Zellulose, Zersetzung durch Bakterien 86.
Zellulosehaut der Zellen 26.
Zellsaft, Osmose 15, **26.**
Ziegenbart 119.
Zitronensäure in Zuckerrübe 25.
Zone der Reduktionen 199.
Zone des Reinwassers 201.
Zoogloea ramigera 94, Taf. VII.
— uva 143, Taf. VII.
Zoogloeatest für Wasserprüfung 71.
Zostera marina 166.
Zucker, Bildung aus Stärke 34ff.
—, osmotische Wirkung 14.
—, Vergärung 102.
Zuckerrübe, Osmose 25.
—, Zuckernachweis 28.
Zuckertang 158.
Zygnema stellinum 153, Taf. VII.
Zygosaccharomyces 97.
Zymase 103.

Druckfehler-Berichtigung.

S. 10, Zeile 20, besser Azeton statt Alkohol.
S. 52, letzter Absatz, lies Hydrophyten statt Hygrophyten.
S. 118, unter Peziza, lies Askussporen statt Askusporen.
S. 136, unter Pertusaria, lies communis statt commune.
S. 173, unter Planaria, lies animalisch statt mineralisch.
S. 215, unter Polytrichum, lies Hygrophyt statt Hydrophyt.
S. 222, dritter Absatz, lies Gasflamme statt Glasflamme.

Druck von Anton Kämpfe, Jena.











